

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

UN MODÈLE COMPUTATIONNEL D'INTELLIGENCE
CULTURELLE OUVERT ET EXTENSIBLE

THÈSE
PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN INFORMATIQUE COGNITIVE

PAR
ZHAO XIN WU

FÉVRIER 2013

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je remercie mes directeurs de recherche, Monsieur Roger NKAMBOU, professeur à l'Université du Québec à Montréal, département d'informatique; Madame Jacqueline BOURDEAU, professeure à TELUQ-UQAM. Sans leurs encadrements, leurs conseils, leur soutien, leur compréhension et leur constante disponibilité, cette thèse n'aurait jamais été terminée. À vous, Monsieur et Madame, un grand merci.

Je tiens à remercier Monsieur Jean-Guy MEUNIER, professeur à l'Université du Québec à Montréal, pour ses aides, ses recommandations et ses conseils sur mon projet de thèse. Ses précieux commentaires ont amélioré sans aucun doute la qualité et la précision des résultats présentés dans notre thèse.

Je tiens à remercier trois experts des domaines culturels, Monsieur Prosper BERNARD, professeur à l'Université du Québec à Montréal; Monsieur Jean-Pierre DUPUIS, professeur titulaire d'HEC Montréal; et Monsieur Eduardo Davel, professeur de TÉLUQ, pour leur disponibilité et pour leur temps consacré à l'évaluation du prototype de notre système (SENFIC) basé sur notre modèle computationnel.

C'est aux membres de toute ma famille, que reviennent mes remerciements les plus profonds. Votre soutien m'a été d'un grand apport durant toutes ces années d'études au doctorat. Je ne peux pas oublier vos encouragements, votre appui et votre soutien continuels qui m'ont aidée à mener à bien mes études.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	x
RÉSUMÉ.....	xi
ABSTRACT	xiv
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE	5
1.1 Problématique et question de recherche.....	5
1.2 Objectifs de la recherche.....	10
1.3 Démarche méthodologique.....	11
CHAPITRE II	
CONTEXTE GÉNÉRAL DE LA RECHERCHE.....	14
2.1 Introduction	14
2.2 Culture.....	15
2.2.1 Dimensions de la culture	18
2.3 Intelligence.....	27
2.3.1 Cadre des concepts de l'intelligence.....	28
2.4 Intelligence culturelle.....	34
2.4.1 Définitions de l'intelligence culturelle	35
2.4.2 Dimensions de l'intelligence culturelle	37
2.4.3 Méthodes d'évaluation de l'intelligence culturelle.....	45

2.4.4	Questionnaires d'évaluation de l'intelligence culturelle	50
2.4.5	Intelligence culturelle et concepts pertinents	52
2.5	Processus décisionnel.....	59
2.6	Conclusion.....	61
CHAPITRE III		
	REVUE DE LITTÉRATURE.....	62
3.1	Introduction	62
3.2	Survol des recherches traitant de la culture.....	63
3.3	Système expert et culture	74
3.4	Méthodes de recherche utilisées	77
3.5	Conclusion.....	78
CHAPITRE IV		
	MODÉLISATION DE L'INTELLIGENCE CULTURELLE.....	80
4.1	Introduction	80
4.2	Analyse des théories de l'IC.....	81
4.2.1	Analyse des éléments importants du concept de l'IC.....	81
4.2.2	Élaboration de notre modèle conceptuel.....	85
4.3	Éléments fondamentaux du modèle computationnel	87
4.3.1	Services attendus.....	87
4.3.2	Étapes de conception du modèle computationnel	88
4.4	Architecture du cycle cognitif du MIC	89
4.5	Élaboration des techniques	93
4.5.1	Logique floue.....	94
4.5.2	Réseau de neurones artificiels.....	96
4.5.3	Technique hybride neuro-floue pour la modélisation du MIC.....	100

4.6	Questionnaires adaptés et choix des domaines d'application.....	101
4.7	Application des techniques choisies	103
4.7.1	Application de la technique de la logique floue.....	103
4.7.2	Application de la technique neuro-floue	114
4.8	Collecte des données et entraînement.....	132
4.9	Conclusion.....	136
CHAPITRE V		
	IMPLÉMENTATION DU MODÈLE COMPUTATIONNEL.....	138
5.1	Introduction	138
5.2	Services attendus du système intelligent envisagé.....	138
5.2.1	Système expert.....	139
5.3	Implémentation du MIC dans le SENFIC	143
5.3.1	Avantages du système expert neuro-flou d'intelligence culturelle.....	143
5.3.2	Structure de base du SENFIC	145
5.3.3	Réalisation du prototype du SENFIC.....	148
5.3.4	Vue d'ensemble du SENFIC.....	148
5.3.5	Résultats de la réalisation du prototype.....	150
CHAPITRE VI		
	ÉVALUATION DU MODÈLE ET DU PROTOTYPE	156
6.1	Introduction	156
6.2	Méthodes d'évaluation.....	156
6.2.1	Questionnaire pour les experts culturels.....	156
6.3	Résultats d'évaluation.....	161
6.3.1	Évaluation du modèle conceptuel	161
6.3.2	Évaluation du modèle computationnel et du prototype du SENFIC	164

6.3.3	Évaluation de l'extension du modèle computationnel.....	166
6.4	Explication des résultats d'évaluation.....	167
6.5	Résumé de l'évaluation.....	169
6.5.1	Suggestions des experts et modifications	171
CHAPITRE VII		
DISCUSSION ET CONCLUSION.....		173
7.1	Discussion	173
7.2	Contribution	176
7.2.1	Contribution aux sciences cognitives	177
7.2.2	Contribution à la discipline de l'IA	178
7.3	Limites de cette recherche.....	181
7.4	Recherches futures.....	183
RÉFÉRENCES		186

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
2.1 Trois niveaux de programmation mentale (Hofstede, 1980).....	17
2.2 Processus de l'IC associé à la compétence interculturelle (Johnson, 2006)	57
3.1 Éléments au centre de nos recherches dans la littérature	62
3.2 Facteurs ayant un impact sur la prise de décision (Munro et al. 2002).....	71
4.1 Modèle conceptuel de l'IC (Wu et al., 2012).....	86
4.2 Architecture du cycle cognitif du MIC (Wu et al., 2012)	90
4.3 Utilisation des informations en logique floue	94
4.4 Connexion typique de RNA (Medsker et al., 1994)	97
4.5 Algorithme d'apprentissage - perceptron (Rosenblatt, 1958).....	98
4.6 Ensembles flous faible, moyen et élevé en métacognition.....	106
4.7 Exemple d'inférence floue du style Mamdani	111
4.8 Produit de l'opération floue «ET»	112
4.9 Fonction d'adhésion (a)/Défuzzification de l'ensemble flou (b).....	113
4.10 Ensembles flous généraux de l'IC	114
4.11 Modèle computationnel du réseau neuro-flou d'intelligence culturelle.....	118
4.12 Exemple d'inférence du MIC d'obtention de la valeur métacognitive.....	119
4.13 Obtention du résultat de l'IC	122
4.14 Réseau neuro-flou avec trois couches de rétro-propagation	127
4.15 Exemple d'un résultat de l'apprentissage supervisé	129

4.16	Exemple d'apprentissage non-supervisé dans le modèle	130
4.17	Résultat d'entraînement avec méthode 1	134
4.18	Résultat d'entraînement avec méthode 2	136
5.1	Structure de base d'un système expert (Negnevitsky, 2005)	141
5.2	Structure de base du SENFIC	146
5.3	Cas d'utilisation - Test de classement	149
5.4	Entrée et sortie du SENFIC	150
5.5	SENFIC appliqué dans le domaine d'application d'expatriation	152

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
2.1 Vue d'ensemble des dimensions culturelles les plus connues	27
2.2 Vue d'ensemble des définitions sur l'intelligence	30
2.3 Définitions de l'intelligence culturelle.....	36
2.4 Quatre structures majeures de l'intelligence culturelle.....	38
2.5 Mesure psychologique de l'IC diagnostiquée chez les individus.....	46
2.6 Mesures des compétences de l'IC et interculturelles.....	49
4.1 Explication des acronymes d'inférence du réseau neuro-flou.....	125
6.1 Méthode d'évaluation	157
6.2 Résultat de l'évaluation-1	162
6.3 Résultat de l'évaluation-2	162
6.4 Résultat de l'évaluation-3	163
6.5 Résultat de l'évaluation-4	163
6.6 Résultat de l'évaluation-5	164
6.7 Résultat de l'évaluation-6	164
6.8 Résultat de l'évaluation-7	165
6.9 Résultat de l'évaluation-8	165
6.10 Résultat de l'évaluation-9	165
6.11 Résultat de l'évaluation-10	166

6.12	Résultat de l'évaluation-11	166
6.13	Résultat de l'évaluation-12	167
6.14	Résultat de l'évaluation-13	167
6.15	Comparaison entre l'évaluation manuelle et celle du SENFIC	168
6.16	Suggestions des trois experts culturels et modifications apportées	172

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CQ	Cultural Intelligence
GSS	Groupe de Systèmes de Soutien
IC	Intelligence Culturelle
IE	Intelligence Émotionnelle
IG	Intelligence Générale
JCPD	Jugement Culturel et Prise de Décision
MIC	Modèle Computationnel de l'IC
SEAE	Système Expert des Affaires en Éthique
SENFIC	Système Expert Neuro-Flou d'Intelligence Culturelle
SIAD	Systèmes d'Aide à la Décision
SIG	Système d'Information Géographique
SI	Systèmes d'Information
SSCI	Systèmes de Support des Cultures Implicites
RNA	Réseaux de Neurones Artificiels

RÉSUMÉ

Avec le phénomène de la globalisation qui prend de l'ampleur, les différences culturelles, dans les communications interculturelles, amènent leur lot de problèmes inévitables. Geert Hofstede a exprimé de manière représentative ce phénomène : "*Culture is more often a source of conflict than of synergy. Cultural differences are a nuisance at best and often a disaster.*" (Geert Hofstede, Emeritus Professor, Maastricht University.)

Dans la revue de la littérature, jusqu'à ce jour, les recherches relative à l'intelligence culturelle (IC) utilisent les méthodes traditionnelles pour mesurer l'IC et trouver des solutions aux problèmes relatifs à l'IC. Ces méthodes dépendent essentiellement de questionnaires évaluant des aspects distincts, de documents (Ng et Earley, 2006) et d'évaluations variées, guidées par les connaissances spécialisées et des qualités psychologiques d'experts de l'IC. Ces façons de faire réduisent le nombre de solutions possibles. À notre connaissance, aucune recherche au sujet de l'IC n'a été empiriquement informatisée jusqu'à maintenant. En conséquence, l'intégration de l'IC dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA) reste absente.

L'objectif principal de la recherche est donc de créer un modèle computationnel de l'IC et de l'implémenter dans un système expert. Ce système se nomme Système Expert Neuro-Flou d'Intelligence Culturelle (SENFIC). Il intègre l'expertise d'experts de l'IC en intégrant le fruit des études à propos des quatre dimensions de l'IC comme un tout intégré et s'influençant les unes des autres. Il devrait permettre éventuellement d'atteindre un meilleur niveau de performance que celui des experts de l'IC.

Comme un système intelligent efficace, il fournit une recommandation globale au problème et une forme de système de règles permettant l'adaptabilité des individus et des organisations à un environnement interculturel. C'est dans ce contexte que le SENFIC a vu le jour. Nous combinons deux techniques intelligentes dans le cadre du système. La technique d'hybride *neuro-floue* intégrant la logique floue et le réseau de neurones artificiels, et la technique du *système expert*. La technique de logique floue est une bonne solution pour exprimer des problèmes originalement en langue imprécise et naturelle, comme ceux soulevés dans les recherches relatives à l'IC. La technique du réseau de neurones artificiels aide le système à atteindre un niveau d'autorégulation, d'auto-adaptation et d'auto-apprentissage. Le système expert utilise des connaissances et des procédures d'inférence dans le but de résoudre des problèmes difficiles, requérant normalement une expertise humaine dans le domaine d'IC. Ainsi, le SENFIC exprime des connaissances sous une forme facilement comprise par les utilisateurs, et traite les demandes simples en langage naturel plutôt qu'en langage de programmation. En utilisant une nouvelle approche pour la technique de soft-computing en concevant la technique hybride comme le cœur du système, notre SENFIC devient alors capable de raisonner et d'apprendre dans un environnement culturel incertain et imprécis.

Ce SENFIC est ouvert et extensible, autant au niveau interne qu'externe. Au niveau interne, le modèle computationnel de l'IC fournit une interface standard pouvant faciliter le développement secondaire et la mise en pratique du système. Au niveau externe, le SENFIC a la capacité de se présenter comme un agent d'extension permettant l'intégration à n'importe quel système intelligent existant, pour que ce système devienne culturellement intelligent. Le SENFIC est «conscient de l'intelligence culturelle». Cela représente une percée amenant son lot de contributions dans les domaines de l'IC et de l'IA.

Mots clés : intelligence culturelle, logique floue, réseaux de neurones artificiels, soft-computing, hybride neuro-floue, système expert

ABSTRACT

With the rapid rise of globalization, international activities and intercultural communications between different cultures are becoming more common and are taking on greater importance than ever before. Yet, because of cultural diversity, *"Culture is more often a source of conflict than of synergy. Cultural differences are a nuisance at best and often a disaster."* - Dr. Geert Hofstede.

Research on cultural intelligence provides a new perspective and a new way to alleviate cross-cultural issues that can arise in such a globalized environment. Unfortunately, to date, research in this field has used traditional methods to measure users' cultural intelligence and has relied primarily on four segregated factor questionnaires to find solutions to the cultural intelligence problems traditionally confined to the work of culture experts and researchers. Furthermore, research on cultural intelligence has never been empirically computerized. The result is that cultural intelligence has yet to be integrated into the field of artificial intelligence.

The main objective of this research is to create a computational model of cultural intelligence and to integrate the model into an expert system, called the Cultural Intelligence Neuro-Fuzzy Expert System (CINFES). CINFES integrates the cultural knowledge of experts by studying four cultural intelligence dimensions that function as an integrated body but that can also influence each other. This research allows for a better performance than that of human culture experts.

A mature hybrid intelligent system should provide comprehensive and global solutions and form a system of rules able to adapt to a multicultural environment. This is the context in which CINFES was born. We combine two intelligent techniques embodied in an expert system which are: fuzzy logic and an artificial neural network. The fuzzy logic technique is an effective solution to the problems originally expressed in natural language, such as in languages used in the research on cultural intelligence. The artificial neural network technique helps our system to achieve a level of self-regulation, self-adaptation and self-learning. The expert system, meanwhile, uses both the knowledge of experts and inference procedures in order to solve difficult problems normally requiring human expertise in the cultural domain. Moreover, it expresses knowledge in a form that is easily understood by users and deals with simple requests in natural language rather than a programming language. The hybrid neural-fuzzy technique forms the core of the soft-computing technique in our system and represents a new approach to hybrid constructions in the cultural field. Our CINFES is capable of reasoning and learning in an uncertain and imprecise cultural environment.

This CINFES is open to both interior and exterior extensibility. In terms of interior extensibility, it provides a standard internal interface that facilitates secondary development. In terms of exterior extensibility, CINFES has the capacity to run as an extension agent that allows for integration with any existing intelligent system, thereby rendering the existing system culturally intelligent. CINFES is a system that is "aware of cultural intelligence" and represents a breakthrough with the contributions it makes to both the cultural and artificial intelligence fields.

Keywords: Cultural Intelligence; Fuzzy Logic; Artificial Neural Networks; Soft Computing; Hybrid Neuro-Fuzzy; Expert System

INTRODUCTION

Avec la progression du phénomène de la mondialisation, l'internationalisation des forces productives s'est considérablement accélérée. Pour faire face à cette nouvelle réalité, en répondant aux opportunités du marché mondial, les individus et les organisations à travers le monde forment des alliances stratégiques avec des concurrents, fournisseurs et clients venant de partout dans le monde. Les individus et les organisations ont besoin de travailler et d'interagir régulièrement avec des personnes d'origines ethniques et de cultures différentes. Les échanges entre des individus et des organisations sont donc plus multiculturels que jamais. Les échanges interculturels deviennent alors de plus en plus importants et fréquents. Ces communications interculturelles peuvent toutefois s'accompagner d'une augmentation de conflits culturels. Geert Hofstede a exprimé de manière représentative ce problème : "*Culture is more often a source of conflict than of synergy. Cultural differences are a nuisance at best and often a disaster.*" (Geert Hofstede, Emeritus Professor, Maastricht University.) Travailler avec des individus ou des organisations d'autres pays ou régions est difficile, en raison des barrières culturelles pouvant provoquer des malentendus nuisant à des interactions efficaces. Afin de résoudre ces conflits potentiels, les individus ou les organisations essaient toujours d'acquérir des connaissances culturelles à mettre en application lors de communications interculturelles. Cependant cette démarche n'est pas évidente et les individus ou des organisations étant capables de gérer les contacts interculturels surpasseront des individus ou des organisations qui en ont moins la capacité. La culture est d'ailleurs un domaine mal défini, comprenant pourtant presque tout le raisonnement de la pensée et le comportement humain.

Ces dernières années, de plus en plus d'experts culturels et des chercheurs ont démontré un grand intérêt pour la gestion de la mondialisation et des communications interculturelles. Ils croient que la mesure et le développement de la capacité d'adaptation culturelle d'une personne sont plus importants, plus précis et plus efficaces que de simplement transmettre des connaissances relatives aux différences culturelles des personnes. Cette capacité d'adaptation d'une personne dans les différentes cultures s'appelle Intelligence Culturelle (IC,

Ang et al., 2010). L'IC se présente donc comme un phénomène nouveau de résolution efficace des problèmes de conflits culturels. Depuis qu'elle a été proposée, la psychologie organisationnelle et la gestion des ressources humaines y ont accordé une grande attention.

D'une part, les recherches portent sur un large éventail de concepts de l'IC, de méthodes et techniques de mesure et de bien d'autres aspects. D'autre part, les études de l'IC montrent l'importance des valeurs pratiques. Elles ont permis d'obtenir des résultats précieux qui s'appliquent au monde réel.

La capacité de réagir correctement dans un environnement interculturel et l'atteinte d'un niveau élevé d'IC peuvent relever de différents domaines de l'intelligence, dont l'intelligence sociale et émotionnelle (Earley et al., 2003). Des parties intégrantes de ces intelligences, sous-tendant de l'IC, peuvent se refléter dans des traits comportementaux et des capacités identifiés et évalués. Le comportement préféré d'un individu ou d'une organisation et ses compétences acquises se complètent mutuellement pour créer un individu ou une organisation pouvant identifier une variété d'indices dans d'autres cultures afin d'adapter leur comportement et leurs actions (Brisling et al., 2006).

Cependant, les études relatives à l'IC ne sont réalisées actuellement qu'avec un traitement manuel. Nous soutenons plutôt que l'IC, appliquée aux individus et aux organisations dans les activités interculturelles, devrait être informatisée. Pour informatiser l'IC, nous avons créé un nouveau modèle d'IC basé sur de nouvelles techniques d'intelligence artificielle. De plus, nous avons implémenté ce modèle dans un système expert nommé SENFIC (Système Expert Neuron-Flou d'Intelligence Culturelle). Ce système intègre les connaissances d'experts en IC et a le potentiel d'obtenir de meilleures performances que les experts humains. Un tel système a trois objectifs lorsqu'il s'agit d'aider les individus et les organisations: 1) évaluer précisément l'IC des utilisateurs et donner des recommandations concrètes, de manière à aider les individus ou les organisations dans leur processus de prise de décision afin que leurs décisions soient plus «intelligentes», face à des situations culturellement diversifiées; 2) aider les personnes avec une forme particulière d'intelligence permettant de saisir, de raisonner correctement et de s'adapter à des situations où il fait face à une nouvelle culture et à d'autres personnes de cultures différentes (Ang et al., 2008); 3)

faciliter le travail de chercheurs ou les outiller dans leurs recherches à propos de l'IC. La structure de ce document se compose des six chapitres suivants:

Le Chapitre I traite de la problématique. Nous y expliquons quelques problèmes majeurs de conflit interculturel en rapport avec la mondialisation, lorsque l'IC n'est pas considérée lors des communications dans des situations marquées par des différences culturelles. Ensuite, nous présentons le contexte particulier de la problématique de la recherche. Ce même chapitre apporte aussi des précisions par rapport à la question principale de la recherche. Le Chapitre I présente également les objectifs de la recherche.

Le Chapitre II consiste d'abord à définir les concepts sur lesquels s'appuie cette étude : les concepts de culture et ses dimensions, le concept de l'intelligence, le concept de l'IC et ses définitions, les dimensions de l'IC, les relations entre l'IC et des concepts pertinents ainsi que le processus de prise de décision.

Le Chapitre III présente la revue de la littérature concernant des études pouvant servir de modèle et leurs applications au niveau des systèmes intelligents intégrant la culture.

Le Chapitre IV énonce notre modèle conceptuel et modèle computationnel de l'IC. Nous expliquons notre modèle conceptuel des théories de l'IC et le processus de la modélisation du modèle computationnel. Nous discutons également des choix techniques appliqués à l'informatisation du modèle computationnel.

Le Chapitre V présente l'implémentation du modèle computationnel dans un système intelligent, conscient de l'IC. Nous y décrivons également les applications possibles du système.

Le Chapitre VI expose notre rapport des résultats des évaluations que trois experts culturels ont réalisées. Selon les résultats et leurs commentaires, nous expliquons de quelle façon nous avons atteint nos objectifs de recherche.

La conclusion se retrouve dans le chapitre VII. Ce chapitre souligne les contributions principales de cette thèse dans les domaines cognitif et informatique. Il contient également une réflexion sur les limites de cette étude et discute des avenues de recherche futures.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE

1.1 Problématique et question de recherche

Sachant que la globalisation du travail devient un phénomène réel pour les individus et les organisations, ceux-ci doivent pourtant prendre des décisions «intelligentes» et démontrer des compétences dans des milieux de travail culturellement différents. Dans ce contexte mondial du travail, le phénomène de délocalisation a amené les individus et les organisations à travailler au sein d'équipes globales. Des équipes de travail sont donc disséminées sur des continents différents. Ces équipes de travail mondiales brouillent les frontières nationales et organisationnelles pour les personnes (Ford et al., 2003). Par conséquent, la collaboration interculturelle est devenue une réalité avec laquelle doivent composer les individus et les organisations.

Cependant, nous croyons que les différences culturelles ont un impact plus important sur les activités humaines que nous le pensons. De plus, des individus, même à l'intérieur d'une même société, peuvent être potentiellement des membres de nombreux groupes différents, organisés de différentes façons et selon différents critères, tels la langue, la religion, l'ethnicité ou la nationalité, mais aussi selon des caractéristiques socio-économiques des classes sociales comme les régions géographiques, les groupes d'intérêt politiques, l'éducation, la profession, les adhésions institutionnelles à l'intérieur les professions, les syndicats, les organisations, les industries, les bureaucraties, les partis politiques et les militaires. Chacun de ces groupes possède une forme de culture. Toute société complexe est donc susceptible d'être constituée de diverses "sous-cultures". Plus une société est complexe et diversifiée, plus les conflits potentiels sont nombreux. Cela signifie que des conflits interculturels peuvent se produire simultanément à différents niveaux, pas seulement à des niveaux plus élevés des groupements sociaux. Nos origines culturelles influencent la façon dont nous

pensons et agissons et la façon dont nous interprétons les contributions des autres. La culture encadre les contextes dans lesquels des conflits peuvent survenir.

À cause de ces conflits interculturels, les tendances relativement à la culture sont de porter attention aux problèmes de communication interculturelle, ainsi qu'à l'interprétation et à la possibilité de mesures diverses pour la prise de décision. Pour promouvoir une meilleure compréhension des conflits interculturels et de meilleures techniques de résolution de conflits, certains chercheurs et praticiens ont cherché à développer des solutions en fonction de différentes sortes de cultures et, par extension, en utilisant différents types de connaissances culturelles pour résoudre différents problèmes. Ils espèrent donc en arriver à différents types de procédures de résolution des conflits. Ainsi, les individus et les organisations impliqués dans des affaires interculturelles doivent apprendre toutes les connaissances, parfois très précises, relatives à de nouvelles cultures. Cela comprend, par exemple, quand et comment commencer une communication, et quand et comment y mettre fin. Enfin, ces chercheurs et praticiens cherchent à outiller les individus et les organisations de nombreuses connaissances culturelles permettant aux personnes de tisser des liens, de se contrôler, d'interpréter, de se comporter et de se motiver eux-mêmes lors d'activités interculturelles.

Par contre, cette façon d'inculquer une grande quantité de connaissances culturelles ne semble pas efficace, compte tenu, justement, de la vaste quantité de connaissances culturelles relativement à tous les domaines et tous les niveaux d'une société culturellement différente. Il est donc impossible pour les personnes de mémoriser, de saisir et de maîtriser cette quantité d'informations à propos de différentes cultures. Conséquemment, certains individus ou des organisations ont d'ailleurs beaucoup de difficultés à «s'acclimater» face à un nouvel environnement, à des antécédents culturels et à de nouvelles façons de penser et de vivre dans des lieux culturellement différents. Par contre, certains individus ou organisations transigent internationalement avec succès. Ces individus ou organisations sont capables de s'intégrer rapidement au sein la culture sociale locale, de promouvoir activement leur raison sociale et même parfois d'ouvrir des succursales à l'étranger. Leurs interactions avec les institutions et les possibilités de coopération avec des organisations ou des personnes locales leur permettent d'obtenir des résultats remarquables (Tan, 2004). Ce phénomène amène donc les

chercheurs du domaine culturel à se poser les questions suivantes: Pourquoi les individus ou les organisations ont-ils des résultats complètement différents? Lesquels s'adaptent plus facilement à différentes cultures? Qu'est-ce qui peut être fait pour s'adapter à une culture différente? (Gao et al., 2009)

Dans le cadre des recherches culturelles actuelles, les chercheurs ont réalisé que les études relatives à la culture concentrées sur la culture elle-même n'aident pas les personnes à régler les problèmes liés aux actions interculturelles. Ils ont donc émis l'hypothèse que, pour traiter des conflits interculturels, nous devons approfondir l'analyse de la source de ces derniers. Ils se sont rendus compte également du fait que, dans la plupart des conflits interculturels, les individus doivent faire face avec intelligence à des situations marquées par des différences culturelles, peu importe leur niveau de connaissances relatives à la culture. De plus, certains conflits peuvent ne pas apparaître comme «culturels» du tout mais, ils apparaissent profondément culturels quand nous les examinons à partir d'une perspective cognitive, motivationnelle ou comportementale, ou encore selon la façon de percevoir le monde. Ainsi, d'après les recherches plus récentes, pour être efficaces, les individus et les organisations ont besoin de nouvelles capacités uniques afin de travailler et communiquer efficacement avec des personnes de cultures différentes.

Ces dernières années, des études ont porté plutôt sur la façon d'améliorer l'intelligence dans le domaine de la culture et la capacité des personnes à s'adapter aux différents environnements culturels. La question nous nous posons est la suivante : quel type de capacité une personne devrait-elle avoir pour améliorer son adaptabilité à une nouvelle culture ? Les recherches sur l'Intelligence Culturelle (IC) ont notamment fourni aux individus et organisations une nouvelle perspective et une nouvelle façon d'améliorer leur capacité de fonctionner et de gérer efficacement leurs interactions dans le cadre de divers contextes culturels. La plupart des recherches et des évaluations sur l'IC se sont concentrées sur des documents ou des actions spécialisées, tels que des ateliers de résolution de problèmes interculturels. Ces ateliers sont basés sur l'utilisation brute, directe ou indirecte de la langue et de ses nuances avec une petite ou une grande quantité d'indices paralinguistiques, tels que les expressions du visage, les gestes, ou le langage corporel. Les personnes évaluées reçoivent la formation en atelier et interagissent avec des experts culturels. Les connaissances

des experts ne se transmettent donc pas véritablement d'une façon universelle auprès du public. Afin de résoudre ce problème et de permettre au public de bénéficier davantage des connaissances des experts culturels, ces derniers ont alors conçu plusieurs questionnaires. Ces questionnaires peuvent mesurer l'IC facilement et, en même temps, faciliter la tâche aux experts afin de transmettre leurs connaissances culturelles. Un de ces questionnaires les plus remarquables est le questionnaire d'Ang et al. (2008), avec 20 questions pour évaluer le niveau de l'IC des individus ou des organisations. Ce questionnaire représente une vue d'ensemble des divers aspects de l'IC. Il est très utilisé dans tous les domaines pour évaluer l'IC des individus.

Cependant, la plupart des études actuelles se rapportant à l'IC ont porté peu d'attention aux aspects informatiques. Concernant le domaine de l'IC, la première problématique se révèle être le fait que les chercheurs n'arrivent pas à exprimer les stratégies d'évaluation des experts dans leurs questionnaires. Par exemple, le résultat de l'évaluation à partir du questionnaire d'Ang et al. (2008) avec ses 20 questions est seulement la moyenne des scores, sans considérer les stratégies de mesure des experts. Ce résultat n'a pas beaucoup de signification. Cette façon de calculer le score moyen ne tient compte d'aucun mécanisme ni d'aucune stratégie d'experts culturels. Le score ne peut pas refléter fidèlement l'IC de l'utilisateur. Cette évaluation ne peut donc pas atteindre le même niveau que celle faite par l'expert culturel même. Quand les experts évaluent l'IC de l'utilisateur, premièrement, ils considèrent toujours que les 20 questions sont interdépendantes mais qu'il existe aussi une corrélation entre ces 20 questions. Les experts utilisent des stratégies dans le processus de l'évaluation, tel que l'analyse, le jugement et l'interprétation. Le problème est que les experts ne peuvent pas exprimer et appliquer leurs mécanismes et leurs stratégies d'évaluation avec précision dans leurs questionnaires. En conséquence, sans avoir l'évaluation d'experts, le résultat obtenu avec les 20 questions ne peuvent pas représenter l'état actuel de l'utilisateur. Deuxièmement, très souvent, soit les experts ne sont pas conscients des connaissances culturelles dont ils disposent et de la stratégie de résolution de problèmes qu'ils utilisent, ou bien ils ne sont pas en mesure de les verbaliser. Les experts peuvent aussi nous fournir des informations non-pertinentes, incomplètes ou paraissant incohérentes. Troisièmement, les experts disposent de temps et d'énergie limités. Il est alors difficile de les surcharger de

travail à long terme. L'explicitation et la formalisation des connaissances des experts constituent une avenue à explorer.

Concernant le domaine d'IA, il existe des problèmes d'ordre technique dans le processus d'informatisation de l'IC. Par exemple, l'IC fait référence à un ensemble de variables linguistiques culturelles et à différentes logiques de pensée utilisées par les experts culturels. Ces variables linguistiques et ces différents styles de pensée représentent des difficultés que les techniques informatiques traditionnelles ne peuvent pas résoudre. Donc, les techniques traditionnelles d'IA doivent faire face à deux défis: le premier consiste à déterminer les moyens de s'adapter à la diversité culturelle; le deuxième concerne des techniques nécessaires pour traiter les données dites souples, comme les variables linguistiques, dans le domaine de l'IC.

Les résultats des recherches sur l'IC tirées de la revue de littérature soulignent que l'IC est un facteur décisif pour certains individus et organisations en mesure de réduire les conflits culturels et de s'adapter avec succès à un nouvel environnement culturel lorsqu'ils sont confrontés aux situations marquées par la diversité culturelle. Il ne semble toutefois pas y avoir de recherche faite à propos de systèmes d'IC reposant sur l'IA. À ce jour, les recherches en IA tenant compte de la culture se concentrent sur la découverte de différences dans la gestion, l'utilisation, l'adoption et la diffusion de l'IA à travers différentes cultures (Leidner et al., 2006). Dans les faits, les individus et les organisations ont besoin des recherches combinant l'IA et l'IC pour les aider lors de la prise de décision dans les échanges internationaux. Les recherches au niveau de l'IC appliquées aux individus et aux organisations devraient donc être approfondies et informatisées. À notre connaissance, aucun des travaux portant sur l'IA ne s'est intéressé aux besoins des personnes pour fonctionner efficacement dans cet environnement culturellement diversifié, et aucune n'a tenté de combiner l'IC et IA. Pour combler cette lacune, il faut réaliser des recherches afin de, justement, bien tenir compte de ces défis interculturels et de relever ces derniers.

L'énoncé de ces problématiques précédemment nous a permis de poser la question de recherche qui dirige nos efforts pour la résolution de problèmes à la fois dans le domaine de l'IC et celui de l'IA. De plus, la recherche devrait aider à améliorer une capacité importante

des individus, leur permettant ainsi d'interagir et de s'adapter efficacement avec des personnes de cultures différentes et d'éviter les conflits interculturels potentiels. Cela se fera en évaluant précisément l'IC et en proposant des suggestions aux utilisateurs lors de la prise de décision. La question de recherche se résume alors ainsi:

Comment appliquer des techniques d'IA afin de concevoir un modèle computationnel de l'IC?

1.2 Objectifs de la recherche

L'objectif premier de cette recherche proposée est de créer un nouveau modèle computationnel doté de nombreux mécanismes propres à l'IC. Ce modèle est considéré en raison de sa richesse, de son ouverture, de son extensibilité, de sa souplesse d'adaptation et de son potentiel pour améliorer l'IC des utilisateurs et de les aider dans leurs décisions concernant les différents aspects culturels. Nous respectons les théories de l'IC et nous cherchons à les intégrer et les synthétiser dans notre modèle. Le développement du modèle computationnel sera au cœur de la recherche, afin que l'IC puisse bien informatiser le processus humain. Créer ce modèle de l'IC propose au domaine de l'IA un autre champ d'application, avec des démonstrations de situations de la vie réelle.

Le deuxième objectif est de trouver des techniques, autre que les techniques traditionnelles, pouvant bien représenter des critères souples (soft criteria), comme les connaissances culturelles, auxquels s'appliquent des méthodes et des techniques plus efficaces d'interprétation de l'IC et de résolution de problèmes dans le domaine de l'IC.

Le troisième objectif est, tout d'abord, d'implémenter le modèle dans un système intelligent, basé sur de riches connaissances culturelles, permettant ainsi d'évaluer l'IC des utilisateurs et de leur fournir des jugements, des raisonnements, des précisions et des explications claires relativement à leurs résultats d'IC. Obtenir des résultats d'évaluation précis et bien définir le problème exact de l'IC d'utilisateurs est très important, et constitue la moitié du travail requis pour régler les problèmes relatif à l'IC. Le système est capable de constater des points faibles et savoir quels facteurs ont le plus d'impact sur l'IC des utilisateurs. Ces résultats précis et concrets sont des données fondamentales qui servent,

premièrement, à aider le système pour offrir des recommandations efficaces et adaptées lors de formations¹ à venir aux utilisateurs; deuxièmement, à donner des suggestions au niveau de la prise de décision aux utilisateurs dans le but de s'améliorer, de résoudre efficacement et «plus intelligemment» les problèmes d'IC et d'affronter les situations qui sont culturellement diversifiées. Cela démontre comment le système intelligent permet une meilleure interaction, une aide plus efficace dans l'évaluation et la prise de décision, en plus d'offrir une flexibilité d'adaptation et d'auto-apprentissage aux utilisateurs de diverses cultures.

Le quatrième objectif représente un effet découlant des impératifs de cette recherche. Nous proposons donc d'ajouter certains concepts à la théorie de l'IC, pouvant ainsi servir de fondement à un cadre complet de développement de futurs systèmes d'IC.

1.3 Démarche méthodologique

Les six étapes suivantes donnent les détails de notre méthode de recherche :

- 1) *Clarification des concepts relatifs à l'IC.* À cette étape, un certain nombre de concepts provenant de domaines différents sera étudié, chacun de ces domaines ayant ses richesses et particularités qui lui sont propres. Tous les aspects de l'IC sont complexes, avec leurs nombreux concepts, points de vue et propositions, surtout considérant que nous essayons de les amener à fonctionner ensemble. Il faut donc être prudent lorsque nous tentons de trouver une théorie globale, dans le cadre de notre recherche. De plus, nous voulons obtenir une vision claire de ce qui est généralement compris, car cela représente une condition essentielle à cette première étape de la recherche. Cette étape peut nous aider à nous concentrer sur des théories et des modèles théoriques spécifiques pouvant potentiellement être utilisés pour développer notre modèle théorique de l'IC, améliorer l'efficacité de l'IC et élaborer des stratégies facilitant la communication et la formation interculturelle.
- 2) *Étude de l'état de l'art.* Notre revue de la littérature intègre les disciplines de l'informatique et de la culture. Dans cette étape, nous faisons la revue la littérature pour

¹ La formation donnée à chaque individu ou organisation peut varier en fonction des résultats obtenus au

savoir si l'IC a déjà été modélisée, ou mise en œuvre au sein d'un système intelligent. Nous tentons aussi de découvrir s'il existe des recherches qui combinent les domaines de la culture et de l'IA. Nous présentons ainsi les travaux de recherche ayant traité de systèmes tenant compte de l'aspect culturel dans le domaine de l'IA. Leurs méthodes utilisées, leurs résultats de recherches sur les cultures informatisées, leurs techniques appliquées, leurs systèmes culturels intelligents et leurs systèmes globalement nous intéressent. Cette étape sert d'inspiration à notre recherche et nous en apprend au niveau des méthodes utilisées lors de ces recherches. Cela nous amène donc à choisir l'approche la plus prometteuse relativement à notre objectif de concevoir d'une manière efficace un modèle computationnel d'IC.

- 3) *Modélisation de notre modèle computationnel de l'IC.* Nous proposons un nouveau modèle conceptuel de l'IC intégrant un ensemble de ces théories. Le modèle conceptuel est conscient de l'IC et respecte les principales théories de l'IC. Nous suggérons ensuite un modèle computationnel basé sur notre modèle conceptuel des théories de l'IC. Le modèle computationnel applique le mécanisme et les techniques associées. Il présente aussi des modules périphériques fidèles aux principes fondamentaux du modèle.
- 4) *Implémentation du modèle computationnel de l'IC dans un système intelligent.* Nous implémentons le modèle computationnel dans un système expert. Ce prototype² du système est construit sur des bases de connaissances relatives à l'IC. Ce système est en mesure de déduire des conclusions ou d'induire des causes de certains traitements de connaissances pour bien expliquer et aider les utilisateurs à comprendre leurs résultats d'évaluations, et à prendre potentiellement de bonnes décisions interculturelles.

² Notre prototype de système intelligent se définit comme un aperçu du système final. Il permet de s'assurer que la stratégie de résolutions des problèmes de l'IC, l'outil choisi pour construire le système intelligent, et les techniques pour représenter les données et les connaissances acquises sont suffisantes pour notre recherche. Il nous donne également l'occasion de convaincre les sceptiques et de motiver les experts culturels à s'impliquer dans le développement de notre système final.

- 5) *Présentation du système expert avec des exemples concrets.* Nous choisirons un domaine d'application et illustrerons quelques exemples du système, de manière à montrer les fonctionnalités du système basé sur notre modèle computationnel dans des cas réels.
- 6) *Évaluation du modèle computationnel et du prototype du système de l'IC par des experts culturels.* Lors de l'évaluation du modèle computationnel, ces derniers doivent déterminer si l'application des théories de l'IC atteint le niveau d'intégration désiré, et si le modèle résout des problèmes relatifs à l'IC. Cette évaluation reflète la cohérence entre le monde réel et le modèle artificiel. Sur la base des résultats obtenus lors de l'évaluation par des experts culturels, les problèmes rencontrés peuvent être abordés. Concernant l'évaluation du prototype système intelligent, elle reflète l'évaluation, réalisée par des experts culturels, du prototype du système mis en œuvre dans un système expert, à savoir s'il effectue efficacement et réellement comme prévu ses fonctions et s'il atteint un niveau de performance semblable aux experts culturels. Les résultats d'évaluation et les commentaires de ces experts seront analysés et considérés afin d'améliorer le prototype du système.

CHAPITRE II

CONTEXTE GÉNÉRAL DE LA RECHERCHE

2.1 Introduction

La culture et son impact ont reçu énormément d'attention dans la littérature au cours des dernières décennies, avec des pionniers tels que Haire et al. (1966) et leurs travaux à l'égard de la culture nationale, ainsi que Deal et Kennedy (1982), Peters et Waterman (1982) par rapport à la culture organisationnelle. Dans des recherches récentes, nous constatons un intérêt plus marqué relativement à la compréhension de l'impact des différences culturelles et des influences culturelles en milieu de travail avec, entre autres, Earley et Ang (2003). Une des tangentes qu'ont empruntées certaines recherches sur ces sujets a été de se pencher sur ces questions d'un point de vue macro, tel que l'examen des relations interculturelles des cultures organisationnelles et de la direction interculturelle comme, par exemple, Earley et Gibson (2002) et Hofstede (2003). Dans une perspective plus micro, d'autres chercheurs ont préféré se pencher sur les différences individuelles dans les attitudes, les valeurs et caractéristiques, ainsi que leurs relations par rapport à la culture tel que, McCrae et Costa (1990).

Un concept important qui a gagné en popularité ces dernières années, auprès des chercheurs et des praticiens, est le concept de l'intelligence culturelle (Earley et Ang, 2003). Cette section permet, dans le cadre de notre recherche, non seulement de faire la différence entre la culture, l'intelligence et l'IC, ainsi que d'autres concepts différents en lien avec le concept de l'IC afin de dissiper toute ambiguïté, mais aussi de nous aider à nous concentrer sur une théorie spécifique et d'avoir une vue d'ensemble qui pourrait être utilisée par les individus et les organisations, pour améliorer leur capacité et leur efficacité de fonctionnement dans des situations marquées par la diversité culturelle et élaborer des stratégies facilitant la communication et la formation interculturelle.

Ce chapitre accorde également une attention particulière à la relation entre l'IC et le processus de prise de décision dans un cadre culturellement diversifié. Dans les sections suivantes, nous clarifions et définissons tout d'abord les concepts de la culture et de ses dimensions en définissant les différents styles d'une culture. Ensuite, nous expliquons des concepts de l'intelligence. En troisième lieu, nous présentons des définitions de l'IC et de ses dimensions selon différents points de vue de chercheurs, ainsi que des techniques utilisées en général pour mesurer l'IC d'un individu. En quatrième lieu, nous expliquons les relations entre l'IC et d'autres concepts pertinents. Enfin, nous exposons certains liens entre l'IC et la prise de décision.

2.2 Culture

Après quelques années de recherche sur la culture, nous remarquons une certaine confusion lorsqu'il s'agit de définir effectivement le terme. Bien que la culture soit perçue comme un sujet riche et fascinant, certaines personnes peuvent se sentir dépassées par sa grande complexité et sa nébulosité. Nous retrouvons, dans un dictionnaire, cette définition de la culture:

La totalité des comportements socialement transmissibles, les arts, les croyances, les institutions et tous les autres produits du travail humain et de la pensée» (The American Heritage Dictionary of the English language, 2000).

Les définitions de la culture peuvent incorporer plusieurs éléments, tels que l'histoire, des traits communs, la situation géographique, la langue, la religion, la race, les pratiques de chasse, la musique, l'agriculture, l'art, etc. Le problème de ces définitions est qu'elles ne précisent pas suffisamment de quoi se compose la culture, et elles se limitent à des listes ou des énumérations. Selon Dawkins (1976, 1989), c'est la culture qui différencie l'humain des autres animaux. La culture est un comportement acquis, construit par la société humaine, qui se transmet de génération en génération. Les membres d'une société humaine ont un comportement similaire grâce à la culture. Elle apparaît dans les sociétés qui rassemblent les individus. La culture est un réseau restreint de quelques thèmes centraux abstraits et de contenus concrets à différents niveaux, avec ses symboles, ses rituels, ses religions et sa

langue. Les individus dans un même groupe partagent des éléments concordants, tels que des croyances et des attitudes. L'inclusion d'un seul élément dans la culture suppose l'exclusion d'éléments incompatibles. Ces éléments culturels aident des formes sociales composées de communautés et d'institutions consacrées à des activités spécialisées.

Ainsi, la culture passe par différents réseaux et traverse la société. La culture se présente alors comme un ensemble de variables dont l'influence sur le comportement des groupes peut se baser sur des variables sociologiques standards, telles que la classe sociale, l'ethnie, le sexe, le niveau d'éducation, les intérêts économiques, etc. Par exemple, la position sociale d'un individu restreint les liens sociaux, c'est-à-dire avec qui il peut échanger et développer des relations.

Une culture n'est donc pas quelque chose qui a une existence en dehors des actions et des expériences des individus qui la reproduisent. La culture est un contexte. Elle informe et façonne le comportement individuel et, à mesure qu'il est reproduit, elle se renforce par la production de ce même comportement. L'économie, l'éducation, le droit et les institutions disciplinaires sont tous culturels. Cohen et Lefebvre (2005) proposent une définition de la culture:

Culture is an information pool that emerges when members of a community attempt to make sense of the world and each other as they struggle and collaborate with each other to get what they want and need (e.g., food, sex, power, acceptance, etc.). Because individuals construct their conceptions of the world from their own experiences and for their own motivations, their understandings vary from one another depending on the characteristics of the individuals, the nature of the domain learned, and the social situations in which learning takes place. (Cohen et Lefebvre, 2005 «Hand Book of Categorization in Cognitive Science»)

Triandis (1972) propose une définition large de la culture. Il défend l'idée qu'il est préférable de modéliser la culture comme ayant des composantes matérielles et subjectives. La culture matérielle se décrit comme ce que nous voyons. Elle est constituée d'éléments tels que la nourriture, les vêtements, les maisons, les routes, les machines et les outils. Quant à la culture subjective, elle se définirait plutôt, à l'intérieur d'une société, comme une «façon caractéristique de percevoir son environnement social» (Triandis, 1972). Elle se compose d'idées sur ce qui a fonctionné dans le passé et qu'il importe de transmettre aux générations

futures, tel que les systèmes juridiques, politiques, éducationnels et économiques, ainsi que les coutumes sociales, la langue, le mariage, les systèmes de parenté, la philosophie, la religion et les arts. Les idées sur l'esthétique, ainsi que la façon dont les personnes devraient vivre avec les autres, sont également des éléments importants.

Hofstede (1997) affirme que la culture est une structure de valeurs détenues collectivement et de programmation mentale collective qui sépare ou distingue différents groupes de personnes des autres. Selon lui, même s'il existe des sous-cultures différentes, toutes les nations partagent une culture nationale. Hofstede (1980) définit la culture comme subjective et considère la culture nationale comme faisant partie d'une plus grande culture mondiale. Il identifie trois niveaux dans son modèle de programmation mentale collective : la nature humaine, la culture et la personnalité (Voir la Figure 2.1). Nous pouvons voir clairement dans la figure à quelle position la culture se situe. Les trois niveaux de programmation mentale influencent la façon dont un individu réagit avec son environnement. La nature humaine joue un rôle dans le développement de la culture au fil du temps, ainsi que dans le développement des individus. La culture d'un individu, bien qu'elle puisse être la même dans un groupe de personnes, diffère légèrement d'un individu à l'autre. Ainsi, un individu peut agir et se comporter d'une façon un peu différente des autres membres de son groupe culturel, en raison de l'influence de la nature humaine et de sa personnalité. La personnalité d'un individu influe indirectement sur la culture, car elle joue un rôle dans la façon dont un individu accepte ou rejette les diverses parties de sa culture.

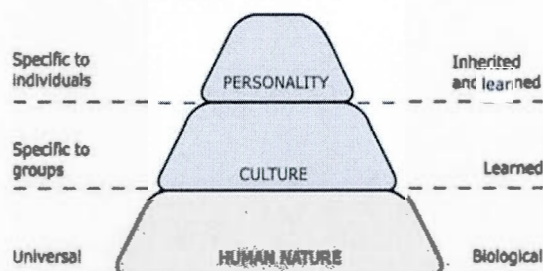


Figure 2.1 Trois niveaux de programmation mentale (Hofstede, 1980)

2.2.1 Dimensions de la culture

Cette section fait état de recherches relativement aux dimensions de la culture, dans le but de nous aider à donner un sens aux thèmes généraux de la culture et aux différentes échelles de base.

2.2.1.1 Dimensions de la culture d'Hofstede

Hofstede (1991, 2003) attribue cinq dimensions principales à la culture. Les dimensions sont à l'image de problèmes fondamentaux auxquels toute société doit faire face. Les cinq dimensions sont les suivantes: l'individualisme versus le collectivisme, la masculinité versus la féminité, la distance du pouvoir, l'évitement de l'incertitude, l'orientation à court et à long terme. L'affirmation majeure du cadre d'Hofstede, c'est qu'il existe des valeurs partagées, des croyances et des normes qui sont culturellement spécifiques, et ces facteurs permettent de prédire un large éventail de pratiques et de comportements humains. Voici les détails relatifs à ces dimensions:

1) Individualisme versus collectivisme

Le niveau d'individualisme réfère à la façon dont une culture hiérarchise les valeurs individuelles ou collectives. Ainsi, un positionnement tendant vers un haut niveau d'individualisme signifie que l'individualité et les droits individuels sont mis en évidence au sein de cette société et culture. Les individus à l'intérieur de ce type de société ont tendance à former un plus grand nombre de relations plus souples, à être plus autonomes et à faire attention à eux-mêmes. Un niveau plus bas sur l'échelle d'individualisme caractérise les sociétés ayant un caractère plus collectiviste, avec des liens étroits entre les individus et les membres de la famille proche. Ces cultures favorisent les familles élargies et les collectifs où chacun assume la responsabilité de pairs dans leur groupe (Hofstede, 2003). Par conséquent, cette hiérarchisation de l'individualisme par rapport au collectivisme, réfère à la force des liens que les personnes entretiennent avec les autres au sein de la communauté. Une tendance élevée d'individualisme indique une connexion faible entre les personnes, moins de relations interpersonnelles, et peu de partage de responsabilité, au-delà de la famille et peut-être quelques amis proches. D'autre part, une société plus collectiviste aurait une cohésion de

groupe plus forte, et il y aurait une plus grande loyauté et respect entre les membres du groupe.

2) Masculinité versus féminité

Une autre dimension importante de la culture est le rapport entre la masculinité et la féminité. Cela fait référence au niveau auquel une société se conforme et valorise les rôles traditionnels des hommes et des femmes. Les cultures avec un haut niveau de masculinité se retrouvent dans les pays où nous attendons des hommes qu'ils soient solides, pourvoyeurs, confiants en eux et forts. Si les femmes travaillent à l'extérieur, elles occupent des professions différentes des hommes. Dans les cultures où la féminité est élevée, les rôles entre les sexes ne sont généralement pas inversés. Une culture masculine encourage une plus grande séparation des rôles entre les hommes et les femmes, tandis qu'une culture féminine tend vers l'égalité.

3) Distance du pouvoir

La distance du pouvoir est le degré d'égalité ou d'inégalité entre les personnes, dans la société et la culture d'un pays. Un score élevé au niveau de la distance du pouvoir indique des inégalités de pouvoir et de richesse. Un score faible par rapport à la distance du pouvoir signifie une plus faible différence de pouvoir et de richesse entre les citoyens d'une société et culture données. Ce sont des sociétés où il existe une pression pour l'égalité et les possibilités pour tout le monde (Hofstede, 2003). Dans les cultures où il y a une forte distance du pouvoir, la société accepte une répartition inégale du pouvoir et les personnes comprennent «leur place» dans l'ensemble du système. Il s'agit du degré d'inégalité qui existe et qui est acceptée chez les personnes avec et sans pouvoir. D'autre part, dans les cultures ayant une faible distance du pouvoir, le pouvoir est partagé, et les membres de la société se perçoivent eux-mêmes comme des égaux.

4) Évitement de l'incertitude

La quatrième dimension où les cultures se différencient, selon Hofstede, concerne le degré d'anxiété sociale que les membres ressentent dans des situations incertaines ou inconnues. Certaines sociétés sont très mal à l'aise avec des situations ambiguës et les évitent autant que possible. Il s'agit de cultures avec une forte propension à éviter l'incertitude. Ces cultures se basent sur des règles et la recherche de «vérités collectives». D'autre part, d'autres cultures,

ayant un degré plus bas d'anxiété sociale, tendent à profiter des événements nouveaux et des valeurs différentes, sans établir de règle fixe. Il revient aux personnes de découvrir leur propre vérité.

5) Orientation à court et à long terme

La dimension finale qui différencie les cultures se rapporte à leur orientation à long terme. Cette dimension fait référence à la façon dont une société donnée valorise les traditions et les valeurs à long terme par opposition à celles à court terme. Dans les pays ayant une forte orientation à long terme, il est important pour les individus de respecter les obligations sociales et d'éviter de «perdre la face».

Ces cinq dimensions culturelles sont d'ailleurs à la base de nombreuses études empiriques réalisées dans une variété de disciplines. C'est peut-être grâce à Hofstede que la majorité des recherches, traitant de la culture, se concentre sur les valeurs communes et les croyances des membres de différentes sociétés.

2.2.1.2 Dimensions de la culture de Kluckhohn et Strodtbeck

Il existe une autre approche qui distingue des éléments de la culture, également selon des dimensions, qui a été présentée par Kluckhohn et Strodtbeck (1961). Ils ont identifié six dimensions de la culture :

1) Nature des personnes

Cette dimension décrit ce que les personnes pensent au sujet de la nature et des croyances de base des autres personnes. Plus particulièrement, les personnes sont identifiées comme fondamentalement bons, mauvais, ou quelque part entre le bien et le mal. Le «bon» est au sens traditionnel, quelqu'un avec une forte orientation sociale. Une «mauvaise» personne est donc considérée comme égoïste. Comment nous percevons les autres personnes de cette façon aura un effet significatif sur la manière dont nous répondrons aux autres. Cela affecte également la manière dont nous nous percevons.

2) Relation avec la nature

Cette dimension explique ce que les personnes pensent de la nature ainsi que leurs droits et responsabilités à propos d'elle. Certaines personnes croient qu'elles doivent vivre en harmonie avec la nature, la préserver et la soutenir. D'autres pensent plutôt que la nature doit nous servir et nous fournir. Ce point de vue nous permettrait de la piller sans souci. Donc, selon ces différentes conceptions de la vie, cela se traduit par l'utilisation de toutes sortes de ressources et le droit de décider soit de les utiliser jusqu'à l'épuisement ou de les respecter.

3) Obligation envers les autres

Cette dimension décrit quels sont nos devoirs envers les autres. Devrions-nous agir en premier en considérant les autres ou pouvons-nous seulement nous concentrer uniquement sur nous-mêmes? Un groupe qui appuierait principalement la société amènerait, en revanche également une limite à la liberté de l'individu. Si la plus grande préoccupation de responsabilité est soi-même et la famille immédiate, il s'agit d'une perception individualiste. Quand la préoccupation est son propre groupe, qui est défini de différentes manières, il s'agit d'une perception collatérale. Et lorsque les groupes sont organisés dans une hiérarchie rigide, nous parlons d'une perception hiérarchique. Cette dimension soulève également la question de savoir qui choisit ce qui est bon pour le groupe.

4) Nature de l'activité humaine

Elle représente ce qui est le principal mode d'activité dans une organisation ou une société. Dans certaines sociétés, l'accent est mis sur «l'être», où ce que nous sommes est plus important que ce que nous faisons. D'autres sociétés sont plutôt orientées vers «l'action», alors l'état vient de ce qui a été réalisé plutôt que d'un statut attribué. Cette dimension détermine si les personnes devraient se concentrer sur vivre pour le moment présent (état d'être), la recherche de buts (la réalisation), ou la réflexion (la pensée).

5) Espace privé

L'espace physique que nous utilisons est privé, public ou un mélange de public et privé. Une approche est que l'espace est la propriété d'individus, et la vie privée est importante, les réunions ont lieu derrière des portes closes et sont sur invitation seulement. L'alternative est

la propriété ouverte, où les personnes peuvent aller où elles veulent et les réunions sont ouvertes à tous ceux qui veulent y assister.

6) Orientation par rapport au temps

Quel est le plus important pour nous: le passé, le présent ou le futur? Certaines sociétés se concentrent sur le passé, les ancêtres et le traditionalisme. D'autres se concentrent sur l'hédonisme d'aujourd'hui, tandis que d'autres encore planifient soigneusement pour l'avenir. Les personnes doivent prendre des décisions qui respectent les traditions ou les événements dans le passé, les événements du présent ou les événements attendus dans le futur.

2.2.1.3 Dimensions de la culture de Brooks

Peterson (2004) décrit la culture en six styles. Cependant, ces styles ne fournissent qu'un point de départ et non une réponse définitive pour aider les lecteurs à distinguer leur propre style culturel, ou à comprendre la culture.

1) Style égalitaire

Un style basé sur l'égalité signifie que les personnes préfèrent s'auto-diriger. Elles ont de la souplesse dans les rôles qu'elles jouent dans la société ou une équipe, et elles ont aussi la liberté de contester l'opinion de ceux au pouvoir. Elles peuvent faire des exceptions, être flexibles, peut-être contourner les règles et traiter les hommes et les femmes à peu près de la même manière.

2) Style hiérarchique

Un style basé sur la hiérarchie signifie que les personnes préfèrent suivre la direction imposée par les échelons supérieurs et subir de fortes limites concernant le comportement approprié associé à certains rôles. Ils respectent et ne contestent pas les opinions de ceux qui sont au pouvoir en raison de leur statut et leur position. Ils appliquent les règlements et les lignes directrices et attendent des hommes et des femmes de se comporter différemment et à être traités différemment.

3) Style direct

Un style direct signifie que les personnes préfèrent être plus directes en parlant, et être moins préoccupées par la façon dont les choses sont dites. Elles sont ouvertes face à des problèmes ou des difficultés, elles communiquent les préoccupations directement et s'engagent dans un conflit lorsque cela est nécessaire. Elles expriment leurs vues ou les opinions d'une manière franche et disent les choses clairement, laissant ainsi peu de place à l'interprétation.

4) Style indirect

Un style indirect s'applique lorsque que les personnes préfèrent se concentrer non seulement sur ce qui est dit, mais aussi sur la façon dont cela est dit, évitant ainsi discrètement les problèmes difficiles ou controversés. Elles expriment les préoccupations avec tact et évitent les conflits autant que possible. Elles expriment également leurs avis et leurs opinions diplomatiquement et comptent sur l'auditeur pour en interpréter le sens.

5) Style individuel

Un style individuel indique que les personnes préfèrent prendre des initiatives individuelles, utiliser leurs propres lignes directrices dans des situations personnelles, se concentrer sur elles-mêmes, juger les personnes en se basant sur leur caractéristiques individuelles, prendre des décisions individuellement et favoriser les individus avant l'équipe, être non-conformistes lorsque cela est nécessaire et intégrer ou quitter des groupes lorsqu'il est nécessaire ou préférable.

6) Style orienté vers le groupe

Un style orienté vers le groupe se manifeste lorsque les personnes agissent en collaboration, établissent des objectifs du groupe, normalisent les lignes directrices, font de la loyauté envers leurs amis une grande priorité, déterminent leur identité à travers leur appartenance à un groupe, prennent des décisions en tant que groupe, placent l'équipe ou un groupe avant l'individu, se conforment aux normes sociales, et gardent l'adhésion au groupe pour la vie.

2.2.1.4 Dimensions de la culture de Gupta et House

Gupta et House (2004) présentent le Projet GLOBE. Initialement, dans le cadre de ce projet au début des années '90, une équipe de recherche a étudié un grand nombre de

questionnaires provenant de travaux de recherche antérieurs. Cette recherche fournit des conclusions relativement à huit dimensions culturelles, dites 'globes', s'appuyant sur des rapports de cadres intermédiaires de 62 sociétés œuvrant dans trois industries: la transformation des aliments, les télécommunications et les services financiers.

1) Orientation de la performance

L'orientation de la performance représente la mesure dans laquelle une communauté encourage et récompense l'innovation, des normes élevées et l'amélioration des performances. En dépit de son attrait intuitif, le concept n'a pas reçu beaucoup d'attention dans la littérature, même dans la plus connue des études interculturelles, menée par Hofstede (1980, 2001). Hofstede et al. (1990) n'ont pas conceptualisé ni mesuré cet élément comme une dimension culturelle indépendante.

2) Orientation future

Les auteurs ont longuement disserté sur le concept d'orientation future, qui a été opérationnalisé et interprété de différentes façons (Seijts, 1998). L'orientation future a été identifiée comme une dimension d'un construit plus général, une orientation temporelle ayant trait à l'expérience subjective du temps (Trommsdorff, 1983). Elle a été identifiée systématiquement comme une orientation des valeurs de base de toutes les cultures (Kluckhohn et Strodtbeck, 1961). L'orientation future culturelle est une mesure selon laquelle une collectivité encourage et récompense les comportements orientés vers l'avenir tels que la planification et le différé de la gratification (House et al., 1999).

3) Orientation de l'assertivité

L'une des dimensions des valeurs sociétales et organisationnelles ainsi que les pratiques de GLOBE, est la dimension de l'assertivité culturelle. Elle reflète les convictions quant à savoir si les personnes sont ou devraient être encouragées à être assertives, agressives, et dures ou non assertives, calmes et douces dans les relations sociales. Les résultats de GLOBE projet montrent que l'affirmation de soi est un aspect important de la culture d'une société, mais elle reçoit relativement peu d'attention dans la littérature interculturelle.

4) Orientation humaine

Le construit de l'orientation humaine est fondé sur une perspective interdisciplinaire. Cette perspective inclut une combinaison d'études organisationnelles relevant de la psychologie, l'économie, la philosophie, l'histoire, l'anthropologie, la science politique et la théologie. L'orientation humaine est opérationnalisée comme le degré de préoccupation, la sensibilité, l'orientation amitié, la tolérance et le soutien qui sont étendus à d'autres aux niveaux sociétaux, organisationnels et dirigeants. Les comportements hautement orientés humain comprennent les soins, le soutien et l'aide aux autres, alors que la faible orientation humaine implique la promotion de l'intérêt personnel et une faible considération pour les autres. L'orientation humaine des sociétés est étroitement liée au bien-être économique, physique et psychologique de leurs membres.

5) Individualisme et collectivisme

Le projet GLOBE ajoute à cet effort en adoptant une approche multi-niveaux à l'individualisme et le collectivisme. Au niveau organisationnel, en général, les organisations adoptant une culture individualiste auraient des membres qui se considèrent comme largement indépendants de l'organisation. En revanche, dans les organisations ayant une culture collectiviste, les membres se voient comme très interdépendants avec l'organisation. Le projet GLOBE bénéficie de la recherche de Smith et Schwartz (1997). Dans cette recherche, des données illustrant de nombreuses différences sociales de fond qui sont associées à l'individualisme et le collectivisme, notamment l'âge, l'éducation et le statut socio-économique, ont été étudiées. Plus précisément, les individus plus jeunes et plus éduqués ont tendance à être plus individualistes que les individus plus âgés et moins instruits, à travers de nombreuses nations. En ce qui concerne la classe sociale, le projet GLOBE a conclu que les recherches sur l'individualisme et le collectivisme au sein des cultures sont généralement conformes aux conclusions initiales d'Hofstede au niveau sociétal: les classes socio-économiques élevées ont tendance à être plus individualistes, alors que les classes socio-économiques faibles ont tendance à être plus collectivistes.

6) Égalité des sexes

Les êtres humains sont complexes, en tant que créatures sociales capables d'assumer des rôles multiples à un moment donné et au cours de leur vie. Un des moyens les plus fondamentaux

dont les sociétés se distinguent est la mesure par laquelle des rôles différents pour les femmes et les hommes sont prescrits et proscrits (Hofstede, 1980, 1998). Certaines sociétés sont plus égalitaires entre les sexes et cherchent à minimiser les différences de rôles (House et al. 1999), tandis que d'autres sociétés différencient sur la base du sexe et cherchent à maximiser ces différences.

7) Distance du pouvoir

L'une des valeurs et pratiques des dimensions sociétales et organisationnelles de GLOBE est la distance du pouvoir. Cette dimension reflète la mesure selon laquelle une communauté accepte et approuve les différences de pouvoir, d'autorité et de privilèges. Elle démontre un aspect important de la culture d'une communauté et elle est liée à une variété de comportements bien documentés, dans les organisations et les sociétés.

8) Évitement de l'incertitude

Ce concept a été largement abordé et étudié dans la littérature des sciences naturelles, sociales et culturelles autant au niveau individuel qu'organisationnel, et a été opérationnalisé et interprété de nombreuses manières connexes (Hofstede, 2001). L'évitement de l'incertitude représente la mesure selon laquelle des situations ambiguës sont considérées comme une menace pour les individus et les règles et l'ordre préférés, ou que l'incertitude est tolérée dans une société.

2.2.1.5 Synthèse sur les dimensions de la culture

Plusieurs ensembles de dimensions ont été développées pour caractériser une culture nationale. Le Tableau 2.1 donne un aperçu des dimensions culturelles les plus connues et que nous retrouvons dans plusieurs domaines d'études.

L'élément le plus différent des autres visibles est la dimension de *dynamisme confucianiste du travail*. Cette dimension démontre le potentiel des instruments développés en dehors d'une tradition culturelle occidentale. Elle se retrouve dans une enquête, réalisée dans 22 pays, à propos de la connexion avec la culture et les valeurs chinoises (The Chinese Culture Connection, 1987).

Tableau 2.1 Vue d'ensemble des dimensions culturelles les plus connues

Auteurs	Dimensions Culturelles
Hofstede (1997)	Individualisme versus Collectivisme
	Masculinité versus Féminité
	Distance du pouvoir
	Évitement de l'incertitude
	Orientation à court et à long termes
Connexion de la culture chinoise (1987)	Dynamisme confucianiste du travail
Schwartz (1994)	Conservatisme
	Autonomie intellectuelle
	Autonomie affective
	Hiérarchie
	Égalitarisme
	Maîtrise
Trompenaars, Hampden-Turner (1997,1998)	Harmonie
	Universalisme/particularisme
	Individualisme/communautarisme
	Neutre / émotionnel
	Spécifique / diffus
	Réalisation/attribution
	Attitudes à l'égard du temps
Hall (1989)	Attitudes à l'égard de l'environnement
	Contexte de communication
	Perception de l'espace
Kluckhohn et Strodtbeck (1961)	Temps mono-chronique et poly-chronique
	La nature des personnes
	Relation avec la nature
	Obligations envers les autres
	Nature de l'activité humaine
	Espace privé
	Orientation par rapport au temps

Un des objectifs de cette enquête est d'étudier quatre dimensions de la valorisation culturelle d'Hofstede. Les résultats obtenus démontrent que trois dimensions dans cette enquête sur les valeurs chinoises sont fortement corrélées avec trois dimensions d'Hofstede. Cependant, la dimension de *dynamisme confucianiste du travail* n'était liée à aucune dimension d'Hofstede. Ce résultat offre donc de nouvelles perspectives théoriques dans le domaine de la culture.

2.3 Intelligence

Dans la revue de la littérature, nous avons trouvé une vingtaine de définitions de l'intelligence. Thomson (1998) décrit l'intelligence comme :

Un terme qui fait référence à une variété de capacités mentales, y compris la capacité de raisonner, de planifier, de résoudre des problèmes, de penser d'une façon abstraite, de comprendre des idées complexes, d'apprendre rapidement, et d'apprendre de l'expérience.

Schmidt et Hunter (2000) définissent l'intelligence comme «*la capacité de saisir et de raisonner correctement avec des abstractions et de résoudre des problèmes*». Historiquement, beaucoup d'articles ont décrit l'intelligence comme une aptitude académique. Cependant, l'intelligence est maintenant également considérée comme une aptitude avec une portée allant au-delà d'un cadre académique (Sternberg et Detterman, 1986). Il existe d'autres formes d'intelligence que l'intelligence académique, comme l'intelligence sociale, l'intelligence pratique, et l'intelligence émotionnelle. L'intelligence sociale, selon Vernon (1933), est:

La capacité de s'entendre avec les personnes en général, d'être à l'aise dans la société, d'utiliser une technique sociale, d'avoir la connaissance des questions sociales, d'être sensible aux stimuli provenant d'autres membres d'un groupe, ainsi qu'avoir l'habileté de saisir les émotions temporaires ou sous-jacentes des traits de personnalité des étrangers. (Vernon, 1933; Kihlstrom et Cantor, 2000).

L'intelligence pratique est définie par Sternberg et al. (2000) comme «*la capacité que les individus ont de trouver le meilleur ajustement entre eux et les exigences de l'environnement*». Selon Ang et al. (2007), l'intelligence émotionnelle va au-delà de l'intelligence académique et fait référence à la capacité d'individus de reconnaître et de gérer leurs émotions personnelles, indépendamment pour les divers environnements culturels. Les définitions ci-dessus offrent un fondement solide aux principes de base derrière chaque facette distincte de l'intelligence. Bien qu'il existe une extraordinaire diversité au sein des définitions proposées par les chercheurs et les théoriciens, ces définitions affichent tout de même des ressemblances frappantes.

2.3.1 Cadre des concepts de l'intelligence

Pour mieux comprendre ces ressemblances des concepts de l'intelligence, nous les classifions et les résumons afin de couvrir la plupart des définitions de l'intelligence, dans un cadre présenté au Tableau 2.2. Selon Sternberg et Detterman (1986), les théoriciens identifient trois principaux aspects associés à l'intelligence : I. L'intelligence intérieure de l'individu; II. L'intelligence au sein de l'environnement; et III. L'intelligence au niveau de

l'interaction entre l'individu et l'environnement. À l'intérieur de ces trois aspects, se trouve un certain nombre de définitions plus précises de l'intelligence. Ce cadre n'atteint pas la richesse de détail inhérente à chaque définition particulière, mais il démontre à quel point il existe un consensus parmi les psychologues sur les grandes lignes d'une définition de l'intelligence. Le cadre souligne aussi que, bien que les concepts de l'intelligence soient très diversifiés, ils ont pratiquement tous une certaine base commune entre eux.

I. Intelligence intérieure de l'individu

Les théoriciens ont identifié que l'intelligence intérieure d'un individu semble être traitée à trois niveaux principaux:

- A. *Niveau biologique*: qui se situe à travers ou au sein d'organismes. À travers les organismes, nous pouvons voir l'intelligence dans le contexte de l'évolution des espèces et de la génétique d'une espèce donnée, ou dans le cadre de l'interaction entre l'évolution inter-espèces et la génétique inter-espèce. Dans les organismes, nous pouvons voir l'intelligence en termes d'aspects structurels de l'organisme, ou en termes d'aspects de processus. Par ailleurs, il est possible d'examiner l'interaction entre la structure et le processus.
- B. *Niveau moléculaire*: qui semble mettre l'accent sur les deux aspects principaux suivants du fonctionnement mental:
 - 1) Aspect cognitif: Il considère les trois types principaux éléments de la cognition: a. la métacognition; b. la cognition; et c. l'interaction entre la métacognition et la cognition. La métacognition fait référence à la connaissance et la maîtrise de sa cognition. La cognition réfère à ce qui est connu et contrôlé par la métacognition. L'importance que les théoriciens cognitifs accordent à l'interaction entre la métacognition et la cognition est attribuable au fait que, pour fonctionner intelligemment, une personne doit adapter sa métacognition pour accommoder sa cognition et vice versa. Les deux aspects du fonctionnement semblent être nécessaire pour les théoriciens cognitifs, peu importe la façon dont ils sont nommés et comment ils sont classés.

Tableau 2.2 Vue d'ensemble des définitions sur l'intelligence (Sternberg et Detterman, 1986)

I: Chez l'individu				II: Dans l'environnement	III: Interaction entre l'individu et l'environnement	
A: Niveau biologique	1. inter-organismes	a. évolution des espèces		A. Niveau de la culture/société	1. demandes	
		b. génétique d'une espèce			2. valeurs	
		c. interaction entre l'évolution et la génétique			3. interaction valeurs et demandes	
	2. intra-organismes	a. structure		B. Niveau de niche dans la culture/société	1. demandes	
		b. processus			2. valeurs	
		c. interaction entre de structure et processus			3. interaction valeurs et demandes	
	3. interaction inter- et intra-organismes					
B: Niveau moléculaire	1. cognitif	a. métacognition	i. processus		C. Niveau × sous-niveau d'interaction	
			ii. connaissances			
			iii. interaction entre processus et connaissances			
		b. cognition	i. processus			
			ii. connaissances	(a) attention sélective		
				(b) apprentissage		
				(c) raisonnement		
				(d) résolution de problème		
				(e) prise de décision		
			iii. interaction entre processus et connaissances			
	c. interaction métacognition-cognition					
	2.motivationnel	a. niveau (ampleur) d'énergie				
		b. direction (disposition) de l'énergie				
c. interaction entre le niveau d'énergie et la direction						
C: Niveau comportemental	1. académique	a. domaine général				
		b. domaine spécifique				
		c. interaction les domaines spécifique et général				
	2. social	a. inter personnel				
		b. intra personnel				
		c. interaction inter et intra personnel				
	3. pratique	a. aspect occupationnel				
		b. aspect de la vie quotidienne				
		c. interaction vie quotidienne et travail				

- 2) Aspect motivationnel: Les théoriciens de la motivation soutiennent qu'il faut considérer plus que la cognition dans l'intelligence. La motivation devrait donc également être considérée. Cet aspect met l'accent sur les trois idées principales de la

motivation: a. le niveau de la motivation; b. la direction de la motivation; et c. l'interaction entre le niveau et la direction de la motivation. Un individu a une motivation d'apprendre, mais cette motivation n'est pas au même degré pour tous les types d'apprentissage. Il est ainsi nécessaire de tenir en compte la direction. L'intelligence est affectée non seulement par la quantité d'apprentissage, mais aussi par les types d'apprentissage. La quantité et les types d'apprentissage sont donc affectés par la motivation.

C. *Niveau comportemental*: Il s'agit de l'analyse de ce que la personne fait plutôt que de ce qu'elle pense. L'argument des théoriciens du comportement est que l'intelligence réside dans le comportement de la personne, plutôt que dans le fonctionnement mental qui conduit à ce comportement. Ce niveau se concentre sur trois domaines principaux associés au comportement:

- 1) Académique: Il fait référence au comportement manifesté par exemple dans un cadre d'apprentissage magistral, relativement à des sujets tels que les langues, les mathématiques et tous les domaines liés aux sciences et aux arts.
- 2) Social: Il est relatif au comportement adopté lors de l'interaction entre les personnes, ainsi qu'avec soi-même, intérieurement. Cela signifie, non seulement comment une personne utilise l'intelligence pour faciliter les interactions avec d'autres, mais aussi comment une personne utilise l'intelligence pour faciliter les interactions avec elle-même. Les personnes savent que leur compréhension d'elles-mêmes ne semble pas souvent correspondre à leur compréhension des autres. Ces deux types de compréhension démontrent que d'apprendre à mieux se connaître peut aider à mieux comprendre les autres et vice versa.
- 3) Pratique: Il s'intéresse au comportement appliqué dans le cadre de la pratique du métier et de la vie quotidienne d'un individu. L'aspect occupationnel inclut la connaissance de la manière d'effectuer son travail efficacement, de la manière d'évoluer dans son travail et de la façon de tirer le meilleur parti du travail dont nous disposons. L'aspect de la vie quotidienne intègre savoir comment cuisiner pour soi-

même, comment équilibrer les dépenses de la famille et comment acheter quelque chose intelligemment. Les comportements occupationnels et les comportements de la vie quotidienne ne sont pas indépendants, mais bien interactifs. Certaines personnes trouvent que leur travail les empêche de s'accomplir, ou même d'apprendre comment accomplir certaines choses dont ils auraient besoin pour leur vie en dehors du travail.

II. Intelligence au sein de l'environnement

Certains théoriciens voient l'intelligence comme résidant au sein de l'environnement, soit en fonction de la culture et de la société d'une personne, ou en fonction de sa position au sein de la culture et la société, ou les deux. En substance, la culture déterminerait la nature de l'intelligence. La culture, la société ou la position au sein de la culture et la société estimées être intelligentes seront généralement fonction de la demande de l'environnement dans lequel vivent les personnes, leurs valeurs au sein de cet environnement ainsi que l'interaction entre les demandes et les valeurs.

III. L'intelligence au niveau de l'interaction entre l'individu et l'environnement

Certains théoriciens de l'intelligence définissent la place de l'intelligence dans l'interaction entre l'individu et l'environnement et se posent la question suivante: comment fonctionne l'individu, mentalement ou en terme de comportement, au sein de divers milieux de l'environnement? Ainsi, il peut être facile de comprendre l'intelligence parfaitement en considérant d'abord l'interaction des personnes avec un ou plusieurs environnements, et en reconnaissant la possibilité qu'une personne peut être différemment intelligente dans un environnement différent, selon les exigences de ces environnements diversifiés. Nous présentons certaines définitions spécifiques proposées dans la revue de littérature et essayons de bien cerner à la fois leurs ressemblances et leurs différences, en résumant ce que les définitions sont, et en les plaçant dans le Tableau 2.2. Nous pouvons ainsi voir comment ces définitions se situent.

Pour Campione et al. (1982), leur définition de l'intelligence met l'accent particulièrement sur les processus et les produits de l'apprentissage (I-B-1-b-i); I-B-1-b-ii-(b)). Ils insistent non seulement sur la vitesse d'apprentissage, mais aussi sur les processus métacognitifs et les connaissances qui interagissent avec l'apprentissage.

Selon Butterfield (1981), il existe quatre bases de différences individuelles associées à l'intelligence. Il met l'accent sur la centralité de l'apprentissage dans le développement de l'intelligence (I-B-1-b-i(b)). Les quatre aspects de la définition de Butterfield sont que les personnes moins intelligentes ont de plus petites bases de connaissances et moins minutieusement organisées (I-B-1-b-ii). Elles utilisent des stratégies de traitement de l'information plus passives, plus simples et moins nombreuses (I-B-1-b-i). Elles ont une compréhension métacognitive moindre de leurs propres systèmes cognitifs et de la façon dont le fonctionnement de ces systèmes dépendent de l'environnement (I-B-1-a-ii, iii). De plus, elles utilisent des processus exécutifs moins complets et moins flexibles pour contrôler leur pensée (I-B-1-a-i).

Berry (1980) voit l'intelligence comme le produit final du développement individuel dans les domaines cognitif et psychologique (I-B-1), de façon distincte des domaines affectif ou motivationnel. Berry inclut les fonctionnements sensoriels et perceptifs, mais pas les fonctions motivationnelles, émotionnelles ni sociales. Il croit que l'intelligence est adaptative pour un groupe culturel donné, en permettant aux membres du groupe, ainsi qu'au groupe dans son ensemble, de fonctionner efficacement dans un contexte écologique donné (II, III).

Das (1986) perçoit l'intelligence comme la somme de tous les processus cognitifs (I-B-1), y compris la planification (I-B-1-a-i), l'information (I-B-1-b) et l'éveil de l'attention (I-B-1-b-i(a)). Il croit que les processus cognitifs nécessaires à la planification ont le plus haut statut ou le rôle le plus central dans l'intelligence (I-B-1-a-i). Das soutient que la planification au sens large contient la génération de plans et de stratégies, la sélection parmi les plans disponibles et l'exécution de ces plans. Il inclut également la prise de décision dans le champ de l'intelligence (I-B-1-b-i(e)). Das affirme qu'il est important de comprendre ces éléments de l'intelligence, non seulement considérés seuls, mais aussi en interaction (I-B-1-c).

Pellegrino (1986) affirme que, pour comprendre l'intelligence, nous devons comprendre la nature de la cognition humaine (I-B-1) ainsi que la nature du système de valeurs dans lequel la cognition fonctionne (II). Il souligne que l'intelligence est implicitement déterminée par l'interaction de la «machine cognitive» de l'individu avec l'environnement social-culturel de cet individu (III). Pour définir la cognition, Pellegrino souligne l'importance particulière

des aspects métacognitifs du fonctionnement mental (I-B-1-a). Cependant, ces processus métacognitifs et les contenus ne peuvent pas être compris en dehors du contexte des processus cognitifs et des contenus sur lesquels ils agissent (I-B-1-c).

Snow et Yalow (1982) présentent une définition de l'intelligence incluant six aspects: l'intégration des connaissances organisées de manière concise en pensées utiles (I-B-1-b-iii); l'appréhension de l'expérience (I-B-1-a,b); l'effort intentionnel adaptatif (III); le raisonnement fluide-analytique (I-B-1-b-i(c)); le ludisme mental (I-B-2-b) et l'apprentissage idiosyncrasique (I-B-1-b-i(b)). Snow et al. notent que ces six aspects de l'intelligence sont interactifs et fonctionnent ensemble pour produire un comportement observable. Ils ne croient pas que ces six aspects de l'intelligence constituent des conditions nécessaires ou suffisantes pour l'intelligence. Plutôt, ils considèrent l'intelligence comme un concept ou un prototype y ressemblant, organisé autour d'aspects.

2.4 Intelligence culturelle

L'être humain est différent des autres animaux, dans la mesure où son intelligence et sa culture se sont développées et ont évolué. Cette compétence lui permet effectivement de créer des groupes culturels différents, chacun opérant avec un ensemble d'objets particuliers, des symboles, des pratiques sociales et les institutions. Pour fonctionner efficacement dans le monde culturel dans lequel ils sont nés, les humains doivent participer à des pratiques qui demandent des compétences cognitives sociales particulières, un apprentissage social et aussi l'utilisation de moyens de communication associés avec le groupe culturel d'où ils sont originaires.

Ang et al. (2008) écrivent que l'intérêt croissant pour l'intelligence dans le «monde réel» a permis d'identifier de nouveaux types d'intelligence se concentrant sur des domaines à contenus spécifiques, telles que l'intelligence sociale, l'intelligence émotionnelle et l'intelligence pratique.

À travers des différences de races, d'ethnicités et d'environnements dans les situations interculturelles, comment les personnes reçoivent-elles et traitent-elles les informations? Comment peuvent-ils juger et prendre des mesures efficaces afin de s'adapter à la nouvelle

culture? Quel genre de personnes s'adapte plus facilement à des cultures différentes? Comment les entreprises donnent-elles des formations aux employés travaillant outremer? (Gao et al., 2009) Earley et Ang (2003) ont, pour la première fois, proposé explicitement le concept d'Intelligence Culturelle (IC). La proposition de la notion d'IC répond, dans une certaine mesure, à ces questions (Janssens et al., 2006). L'IC se concentre, de cette manière, sur un cadre spécifique du domaine interculturel et est motivée par la réalité concrète de la mondialisation en milieu de travail (Earley et al., 2003).

Dès lors, le concept de l'IC s'est répandu et a catalysé de plus en plus l'attention. Ainsi, plusieurs chercheurs se sont intéressés à ce sujet. Nous résumons et analysons les progrès réalisés au niveau de la théorie et de la recherche sur l'IC au cours de ces cinq dernières années, pour orienter nos recherches d'informations.

2.4.1 Définitions de l'intelligence culturelle

L'IC a été définie de différentes façons par les théoriciens. Earley et Ang (2003) présentent l'IC comme le reflet de la capacité des personnes, dans un nouveau contexte culturel, de collecter et de traiter les informations, de poser un jugement et de prendre des mesures efficaces pour s'adapter. Un peu plus tard, Earley et Mosakowski (2004) ont redéfini l'IC et, d'après eux, l'IC d'un questionnaire réfère à la capacité d'aborder sereinement les différentes cultures. Ils ont souligné que les personnes ayant un niveau relativement élevé d'IC, se montrent souvent à l'aise face à de nouvelles situations. Elles comprennent les subtilités des différentes cultures et peuvent ainsi éviter ou sinon résoudre rapidement les conflits.

Peterson (2004) interprète l'IC du point de vue de son fonctionnement. Il croit que, dans le concept de l'IC, la définition de la «culture» est compatible avec les valeurs culturelles d'Hofstede (1991) et ses cinq dimensions principales, telles que l'individualisme versus le collectivisme, la masculinité versus la féminité, la distance du pouvoir, l'évitement de l'incertitude, l'orientation à court et à long termes. Peterson explique également que l'IC est la communication permettant d'améliorer l'environnement de travail, c'est-à-dire que les travailleurs de tous les domaines peuvent avoir la capacité de communiquer avec des clients, partenaires et collègues de différents pays, afin de maintenir

des relations harmonieuses. Cette capacité se définit selon quatre aspects: la capacité de la langue, la capacité spatiale, la capacité émotionnelle et la capacité des relations interpersonnelles.

Ang et al. (2008) définissent l'IC comme la conceptualisation d'une forme particulière d'intelligence et la capacité d'un individu de saisir et de raisonner correctement dans des situations caractérisées par la diversité culturelle. Ils suggèrent que l'IC est une autre forme complémentaire de l'intelligence, pouvant expliquer la capacité d'adaptation à faire face à la diversité et à fonctionner dans un nouveau cadre culturel.

Fondamentalement, l'IC serait la capacité d'une personne ou une compagnie de reconnaître et de comprendre les croyances, les valeurs, les attitudes et les comportements d'une autre culture et d'utiliser ce savoir pour atteindre des buts précis. Plus précisément, l'IC offre une vue d'ensemble d'une situation donnée et éclaire sur la façon dont les divers éléments du casse-tête culturel s'emboîtent à l'échelle mondiale. L'IC constitue par ailleurs un cadre permettant à une organisation ou une personne de se préparer à des tâches où la culture entre en ligne de compte. Un résumé de certaines définitions est présenté dans le Tableau 2.3 ci-dessous.

Tableau 2.3 Définitions de l'intelligence culturelle

Références	Définition	Concentration
Brisling et al., 2006	Le niveau de succès de personnes lorsqu'elles doivent s'ajuster à une autre culture	résultats
Johnson et al., 2006	L'efficacité d'un individu dans l'intégration d'un ensemble de connaissances, de compétences et de qualités personnelles afin de bien réussir à travailler avec des personnes de différentes origines culturelles et nationales, autant à la maison qu'à l'étranger.	résultats
Ng et al., 2006	Capacité d'être efficace dans tous les milieux culturels.	capacités
Thomas, 2006	La capacité d'interagir efficacement avec des personnes qui sont culturellement différentes	capacités
Thomas et al., 2005	Être flexible et habile afin de comprendre une culture, d'apprendre de plus en plus à son sujet, peu à peu mettre en forme sa pensée afin d'être plus compatible avec la culture et ajuster son comportement afin de le rendre approprié, lors de l'interaction avec d'autres évoluant dans la culture donnée.	capacités
Earley et al., 2004	La capacité apparemment naturelle d'interpréter les gestes non familiers et ambigus de quelqu'un en se basant seulement sur la façon dont des compatriotes et collègues de la personne le feraient, et être même capable de reproduire ces gestes.	capacités

2.4.2 Dimensions de l'intelligence culturelle

Dans la littérature, différents chercheurs présentent différentes structures d'IC intégrant différentes dimensions. Chacune de ces dimensions est associée à des structures conceptuelles qui cherchent à expliquer quels sont les attributs permettant aux personnes de se développer dans divers contextes culturels et, par la suite, à déterminer comment nous pouvons cultiver ces attributs. Ces structures peuvent toutes être considérées collectivement afin d'intégrer les éléments de connaissances culturelles acquises, la motivation requise pour comprendre les différences culturelles et les comportements verbaux et non verbaux appropriés lors des interactions multiculturelles. Earley et Ang (2003) ont proposé la première structure de l'IC selon de trois dimensions: 1) *la dimension cognitive* comprend la déclaration, la procédure, l'analogie, la reconnaissance de formes, l'analyse externe, la conscience de soi; 2) *la dimension motivationnelle* inclue l'efficacité, la persistance, les buts et les intérêts visant à améliorer la valeur lorsqu'il est question de doutes et de capacité globale; et 3) *la dimension comportementale* intègre les compétences, la pratique et les règles, les habitudes et la capacité d'accès aux nouvelles connaissances.

Bien que Thomas (2006) soit d'accord sur le fait qu'il y aurait trois dimensions à l'IC, comme Earley et Ang, il a un point de vue différent d'eux. Il propose donc une autre structure tridimensionnelle de l'IC. Il croit que la structure de l'IC devrait se baser sur les compétences en communication interculturelle, de la théorie de Ting-Toomey (1999), qui intègre la connaissance, la vigilance et le comportement. Il est nécessaire de comprendre non seulement le type de culture pour y faire face, mais aussi d'identifier les différences avec d'autres cultures, et comment cette culture influence les comportements des personnes. La vigilance réfère au niveau de conscience, à la capacité de porter attention à soi-même et à l'environnement interne et externe. Le comportement se base sur la connaissance et la vigilance. Les personnes doivent alors sélectionner le comportement approprié pour s'adapter à l'environnement culturel spécifique. Dans ces trois dimensions, la vigilance joue le rôle d'un pont pour connecter la connaissance et le comportement, ce qui est particulier à cette vision de l'intelligence. Si des personnes avaient seulement des connaissances culturelles, mais pas la vigilance, elles ne pourraient donc pas trouver la connaissance correspondant à l'environnement. Tan (2004) considère aussi que l'IC a trois composantes principales: 1) une

manière spécifique de penser et de résoudre les problèmes (la pensée stratégique sur la culture); 2) la dynamique et persévérance (motivation); 3) l'action d'une certaine façon (comportement). L'IC est donc le croisement de ces trois composantes. Le processus de l'IC fonctionne ainsi : premièrement, les individus ont un sens de l'orientation par rapport à la nouvelle culture. Ensuite, ils cherchent à être confiants pour évoluer dans cette nouvelle culture. Ils doivent être inspirés par cette confiance. Enfin, selon l'environnement, ils ajustent leur comportement pour s'adapter à la nouvelle culture. Les trois dimensions de Tan sont différentes de celles de Thomas (2006), qui souligne plutôt l'importance de la «vigilance». Tan pense que c'est le comportement qui est la clé essentielle de l'IC. Si nous ne mettons pas en action les deux premières parties, l'IC est dénuée de sens.

Dans le cadre d'une recherche sur la cohérence d'intelligences différentes (intelligence générale, intelligence émotionnelle, etc), Ang et Van Dyne (2008) se sont basés sur la structure traditionnelle de l'intelligence de Sternberg et Detterman (1986). Ils proposent une

Tableau 2.4 Quatre structures majeures de l'intelligence culturelle

Structure de quatre dimensions <i>Earley & Ang (2003); Ang & Van Dyne (2008)</i>	Structure de quatre composants <i>Ang & Ng (2005)</i>	Structure des meilleures pratiques <i>Earley & Mosakowski (2004)</i>	Gestion globale <i>Thomas & Inkson (2005)</i>
<i>IC Métacognitive</i> -la conscience et la sensibilisation culturelle d'un individu.	<i>Connaissances</i> - les connaissances riches sur la façon dont les cultures se différencient et comment de telles différences influencent les comportements.	<i>Cognitive (tête)</i> - l'apprentissage de stratégies permettant à des individus de capter des indices à propos de la compréhension partagée d'une culture.	<i>Vigilance</i> - la capacité de faire attention, de façon réflexible et créative, aux indices dans une des situations interculturelles.
<i>IC Cognitive</i> - la connaissance des normes, des pratiques et des conventions culturelles d'un individu.	<i>Stratégies</i> -la capacité de percevoir, d'interpréter et d'élaborer des plans dans un environnement inconnu.	<i>Émotionnelle / motivationnelle (cœur)</i> -la croyance d'un individu qu'il est capable de comprendre les personnes de cultures inconnues et qu'il peut surmonter toutes les situations difficiles.	<i>Connaissances</i> - la connaissance de la culture et les principes fondamentaux des interactions interculturelles.
<i>IC Motivationnelle</i> -la capacité d'un individu de concentrer son attention et son énergie à l'égard de différences culturelles.	<i>Comportements</i> -l'exécution de leur plan d'actions.		<i>Compétences comportementales</i> - l'adaptation des comportements pour agir de façon appropriée et avec succès dans un étendue de situations interculturelles.
<i>IC comportementales</i> - la capacité d'un individu de démontrer des actions verbale et non verbales appropriées.	<i>Motivation</i> - le désir et la confiance nécessaires pour s'adapter à un contexte culturel différent.	<i>Physique (corps)</i> - les actions et les comportements d'un individu doivent prouver qu'il a déjà intégré, dans une certaine mesure, la culture différente.	

structure de l'IC reposant alors sur quatre dimensions: soit l'IC métacognitive, l'IC cognitive, l'IC motivationnelle et l'IC comportementale. De ces quatre dimensions, l'IC métacognitive et l'IC cognitive peuvent être désignées collectivement comme l'IC mentale. Cette structure est devenue une référence et est fréquemment utilisée dans des études ultérieures relatives à l'IC. Nous résumons, dans le Tableau 2.4, les quatre structures majeures de la division des dimensions de l'IC selon la revue de la littérature, et nous expliquons en détails ces structures dans les quatre sections suivantes: 2.4.2.1, 2.4.2.2, 2.4.2.3 et 2.4.2.4.

2.4.2.1 Structure de quatre dimensions

Earley et Ang étaient les leaders du développement de concepts d'IC, avec la structure à trois dimensions en 2003. Ang et Van Dyne (2008) ont raffiné ce concept avec plutôt quatre dimensions en utilisant le cadre de la structure de l'intelligence traditionnelle de Sternberg et Detterman (1986). Ils ont ainsi conceptualisé l'IC en incluant les dimensions métacognitive, cognitive, motivationnelle et comportementale, et en portant un intérêt particulier au fonctionnement en milieu culturellement diversifié.

1) IC métacognitive

L'IC métacognitive réfère au processus cognitif de la personne pour reconnaître et comprendre de façon appropriée les attentes dans les situations culturelles. Elle reflète les processus mentaux que les individus utilisent pour acquérir et comprendre des connaissances culturelles, y compris la connaissance et le contrôle des différents processus de la pensée individuelle (Flavell, 1979), relativement à la culture. Les capacités pertinentes comprennent la planification, la surveillance et la révision des modèles mentaux relativement aux normes culturelles de pays ou de groupes de personnes. Les personnes ayant une IC métacognitive élevée sont conscientes des préférences des autres cultures avant et pendant les interactions. Elles se questionnent également à propos des présupposés culturels et ajustent leurs modèles mentaux pendant et après les interactions (Brisling et al., 2006; Triandis, 2006).

2) IC cognitive

L'IC cognitive reflète la connaissance d'une personne au niveau des normes, des pratiques et des conventions, dans les différentes cultures, ayant été acquises à partir de l'éducation et des

expériences personnelles. Cela inclut la connaissance des systèmes économiques, juridiques et sociaux des différentes cultures et sous-cultures (Triandis, 1994), ainsi que la connaissance des structures de base des valeurs culturelles (Hofstede, 2001). Les personnes ayant une IC cognitive élevée comprennent les similitudes et les différences entre les cultures (Brisling et al., 2006).

3) IC motivationnelle

L'IC motivationnelle réfère à la motivation d'un individu de s'adapter à différentes situations culturelles. Elle est conceptualisée comme la motivation intrinsèque dans des contextes interculturels. Elle démontre la capacité de focaliser l'attention et l'énergie lors de l'apprentissage et la mise en pratique dans des situations caractérisées par des différences culturelles. Kanfer et Heggestad (1997) soutiennent que de telles capacités motivationnelles "assurent un contrôle comme «agent» de l'émotion, de la cognition et des comportements qui facilitent la réalisation de buts," selon la théorie de l'espérance et de la valeur de la motivation (Denisi et al., 2006). Eccles et Wigfield (2002) indiquent que la direction et l'ampleur de l'énergie canalisée vers une tâche particulière impliquent deux éléments: des attentes de succès et la valeur de la réussite. Les individus possédant une IC motivationnelle élevée dirigent leur attention et leur énergie dans des situations interculturelles en se basant sur leur intérêt intrinsèque.

4) IC comportementale

L'IC comportementale reflète la capacité d'utiliser la communication et les comportements culturellement sensibles lors de l'interaction avec des personnes de cultures différentes. Elle représente la capacité de poser les actions appropriées, verbales et non-verbales, lors de ce type d'interaction. Les personnes qui ont une IC comportementale élevée présentent des comportements appropriés aux situations en fonction de leur vaste gamme de compétences verbales et non verbales, telles que l'utilisation de mots, de tons, de gestes et d'expressions faciales adaptés à la culture (Gudykunst et al., 1988). Comme Hall (1989) le souligne, les capacités mentales pour la compréhension culturelle et la motivation doivent donc être complétées par la capacité de présenter les actions appropriées verbale et non-verbale,

fondées sur des valeurs culturelles des paramètres spécifiques. Cela implique la possession d'un répertoire large et flexible de comportements.

2.4.2.2 Structure des quatre composantes

Ang et al. (2005) ont déterminé que l'IC se compose de quatre composantes essentielles: les connaissances, la stratégie, le comportement et la motivation. Les principes de ces quatre composantes ressemblent au modèle de quatre dimensions (section 2.4.2.1) proposé par Earley et Ang (2003). Cependant, dans le modèle des quatre composantes, Ang et al. (2005) remplacent la dimension métacognitive par le composant connaissances, et la dimension cognitive remplace par le composant stratégie. Nous expliquons donc, dans cette section, les différences subtiles de cette structure de quatre composants:

1) Connaissances

Les personnes culturellement intelligentes possèdent des connaissances riches sur la façon dont les cultures se différencient au niveau de leurs valeurs, et comment de telles différences influencent les comportements. Une bonne compréhension empêche d'avoir de fausses impressions souvent associées à des personnes provenant d'un contexte culturel différent. Cela permet également de favoriser une ouverture sur le monde et d'apprendre des personnes de cultures différentes. Cependant, il y aurait une limite à la quantité de connaissances culturelles que nous pouvons acquérir.

2) Stratégies

Un autre élément important de l'IC est la stratégie. C'est la capacité de percevoir, d'interpréter et d'élaborer des plans dans un environnement inconnu. Avoir de telles stratégies permet à une personne de bien évaluer une situation et de discerner les dynamiques importantes, pourtant parfois subtiles, dans une situation, et de planifier des actions appropriées pour gérer cette situation.

3) Comportements

Dans l'exécution de leur plan d'action, les personnes culturellement intelligentes doivent avoir une panoplie de compétences comportementales qu'elles peuvent utiliser et choisir de

présenter, en fonction des exigences de la situation. Cela est particulièrement important pour la gestion des relations interpersonnelles.

4) Motivation

Enfin, à travers ce processus en trois étapes mentionnées ci-dessus, les personnes doivent être motivées et avoir le désir et la confiance nécessaires pour s'adapter à un contexte culturel différent. Sans motivation, les personnes sont susceptibles d'abandonner facilement lorsqu'elles sont confrontées à des problèmes, ou d'éviter de telles situations interculturelles dans l'avenir. Inversement, une personne motivée est plus persistante face aux échecs et défis, et par conséquent, plus susceptible de tirer profit des expériences pour affiner ses compétences interculturelles.

2.4.2.3 Structure des meilleures pratiques

Earley et Mosakowski (2004) appliquent la structure des trois dimensions d'Earley et Ang (2003), comme celle des meilleures pratiques de l'IC, pouvant ainsi guider des entreprises à apprendre à composer avec les différentes cultures nationales, professionnelles et vocationnelles. Leur structure est basée sur les trois composantes de l'IC: cognitive, physique et émotionnelle/motivationnelle. Ces composantes se rapportent respectivement à leurs sources: l'esprit, le corps et le cœur. L'esprit, le corps et le cœur doivent s'associer pour exprimer un haut niveau d'IC, comme nous le voyons dans ce qui suit:

1) Cognition

Earley et al. (2004) étendent le concept de base de la composante cognitive de l'IC afin d'inclure ce qu'ils appellent «les stratégies d'apprentissage». Pour la plupart des personnes, quand elles se retrouvent dans une culture étrangère, il peut être assez difficile de trouver une caractéristique ou un aspect de la culture étrangère qui permet d'avoir un sentiment d'appartenance à cette culture étrangère et non d'appartenir à un monde à part ou parallèle. Quand un individu a une forte intelligence cognitive culturelle, il peut tirer parti de stratégies d'apprentissage permettant de capter des indices à propos de la compréhension partagée d'une culture.

2) Physique

Simplement avoir des connaissances relatives à des cultures étrangères n'est pas suffisant. Earley et al. (2004) expliquent qu'une personne doit démontrer sa capacité de s'intégrer dans le monde étranger, dans une certaine mesure, par ses actions et ses comportements. La dimension physique de l'IC est l'aspect par lequel une personne démontre un niveau d'IC en interagissant avec le monde extérieur. Cette dimension se manifeste, par exemple, dans la manière dont des mains se serrent, la manière de commander un repas, ou par le ton d'une requête. Ces comportements peuvent démontrer la capacité d'un individu de reproduire des gestes et coutumes de personnes étrangères. Quand un individu adopte des habitudes et les manières des peuples étrangers, il montre de l'estime et affiche le désir d'être comme eux. En outre, l'individu est capable de comprendre ce que signifie d'être l'un d'entre eux, à la base. Cela crée un environnement de confiance et d'ouverture pour une relation interculturelle (Earley et Mosakowski, 2004).

3) Émotion / Motivation

Le processus d'adaptation d'un individu ne vient pas sans sa part de hauts et de bas, lorsque débute l'interaction avec une nouvelle culture. Pour Earley et al. (2004), un individu doit croire en sa propre capacité de persévérer et de surmonter une situation difficile quand il doit faire face à des obstacles ou des contretemps. Si ce n'est pas sa première expérience, l'individu s'est bâti une confiance lui permettant d'adapter le processus à une variété de situations. Une personne en confiance sera alors fortement motivée de relever vigoureusement les défis. Peu importe si elle échoue ou réussit, la personne apprendra de ses expériences. L'IC émotionnelle/motivationnelle élevée s'exprime par l'efficacité d'une personne d'utiliser à bon escient ses ressources émotionnelles face à tous les défis (Earley et Mosakowski, 2004).

2.4.2.4 Structure de la gestion globale

La structure de l'IC en Gestion Globale de Thomas et Inkson (2005) comporte également trois composants: l'attention, les connaissances et les compétences comportementales. Selon eux, en améliorant les compétences d'un individu relativement à

ces composants de l'IC, ce dernier sera plus efficace dans l'environnement de travail multiculturel.

1) Attention

L'attention signifie qu'il faut éviter d'avoir une programmation mentale rigide afin de pouvoir élargir la vision avec laquelle nous percevons le monde. Cela ne signifie pas que nous renonçons à qui nous sommes, mais plutôt de prendre conscience des différences et de commencer à penser différemment. Il est également important de tenir compte des similitudes qui peuvent exister, car elles peuvent aider à minimiser l'impact des différences. Il est possible de se concentrer simultanément sur plusieurs facettes d'une interaction interculturelle lorsque quelqu'un est attentif. Il faut être conscient de toutes les hypothèses, des idées et des émotions, y compris du point de vue à travers lequel l'information est filtrée. Cela signifie d'essayer de regarder la situation sous plusieurs angles, d'aborder la situation avec un esprit ouvert et de faire attention au contexte dans lequel la situation se déroule. La clé de l'attention est de faire un lien entre les connaissances et la mise en pratique efficace (compétences comportementales), ce qui permet un plus haut niveau de contrôle personnel et une plus grande liberté de pensée et d'action (Thomas et al., 2005).

2) Connaissances

Les composants des connaissances de l'IC demandent qu'un individu parvienne à comprendre des aspects de la culture, la façon dont elle varie, et comment elle influence le comportement dans les interactions interculturelles. Une culture représente les valeurs, les attitudes, les coutumes et les normes comportementales qui sont partagées par des groupes spécifiques de personnes. Comprendre sa propre culture, apprendre d'une autre culture, puis déterminer les différences permettent à une personne de franchir la première étape en acquérant des connaissances afin de devenir culturellement intelligente.

3) Compétences comportementales

Thomas et al. (2005) précisent que, bien que les connaissances et l'attention sont deux clés de l'IC, elles ne suffisent pas, parce que les autres observent et jugent l'IC à travers les comportements. Donc, l'IC n'est pas seulement dans l'esprit, il faut être en mesure de la mettre en œuvre. Les compétences comportementales permettent à un individu d'adopter une

approche générale ou une interaction spécifique instantanément afin de s'adapter aux caractéristiques et aux attentes des personnes impliquées dans la situation.

L'IC, telle que définie dans les deux structures de trois dimensions d'Earley et al. (2003) et de quatre dimensions d'Ang et al. (2008), la structure de quatre composants d'Ang et al. (2005), la structure des Meilleures Pratiques avec trois composantes d'Earley et Mosakowski (2004) et la structure de Gestion Globale de Thomas et Inkson (2005), aussi avec trois composants, est essentielle à la réussite d'un individu dans un environnement façonné par la mondialisation. Un consensus semble se présenter, à l'effet que le niveau actuel de l'IC d'un individu doit être bien évalué, de telle sorte que ces attributs permettant d'améliorer son IC puissent être entretenus.

2.4.3 Méthodes d'évaluation de l'intelligence culturelle

Ng et Earley (2006) pensent qu'il y a deux façons d'évaluer l'IC: la mesure *psychologique* et la mesure *non psychologique*.

La méthode pour obtenir la mesure psychologique utilise la forme d'un questionnaire à remplir. Earley et Mosakowski (2004) proposent une méthode de diagnostic de l'IC des individus. Ils ont développé une échelle de diagnostic basé sur trois dimensions de l'IC (cognition, motivation et comportement). Ce formulaire contient 12 questions au total, chaque dimension étant mesurée par quatre questions. Par exemple, pour diagnostiquer la dimension cognitive, une des questions est la suivante: *«Avant de communiquer avec des personnes qui viennent d'une culture peu familière, je tiens à me demander: qu'est-ce que je souhaite à obtenir?»*. Pour diagnostiquer la dimension motivationnelle, une des questions est: *«Je suis sûr que je peux traiter des gens d'origines culturelles différentes comme mes amis»*. Pour mesurer la dimension comportementale, une question est: *«Je peux facilement changer mon langage corporel (par exemple, le contact visuel ou la posture), afin de m'adapter à la personne qui vient d'un autre contexte culturel»*. Le questionnaire utilise l'échelle de Likert pour évaluer. L'échelle contient cinq réponses qui permettent de nuancer le degré d'accord, soit de «1-Tout à fait en désaccord» à «5-Tout à fait d'accord». Selon les scores obtenus pour chaque dimension, les personnes peuvent être divisées en six profils relatifs à l'IC. Ces

derniers sont présentés dans le Tableau 2.5: paranoïaque, analyste, naturel, ambassadeur, mime et caméléon. Le plus haut niveau d'IC représente des personnes qui sont les «caméléons», et qui ont des talents très rares en gestion d'IC. Elles connaissent très bien les différents systèmes culturels, elles ont une coopération active et efficace avec d'autres et elles peuvent très bien s'intégrer dans les différentes cultures. Toutefois, cette classification d'Earley et Mosakowski est surtout une approche basée sur des hypothèses qualitatives et empiriques. Ils n'ont pas testé ces hypothèses. Certaines recherches futures pourraient tester leurs hypothèses de façon expérimentale.

Tableau 2.5 Mesure psychologique de l'IC diagnostiquée chez les individus

Profil	Description
Le paranoïaque	Peut être très efficace quand il travaille avec des personnes d'origine similaire, mais il se heurte à des difficultés dans un domaine plus diversifié.
L'analyste	Décode méthodiquement les règles et les attentes d'une culture étrangère en ayant recours à une variété élaborée de stratégies d'apprentissage.
Le naturel	Repose entièrement sur son intuition et les premières impressions plutôt que sur un style d'apprentissage systématique. Il pourrait être confus dans les situations multiculturelles ambiguës.
L'ambassadeur	En entrant dans une culture dont il ne connaît pas grand-chose, il communique de façon convaincante avec la certitude nécessaire à travers une confiance très puissante et l'humilité de savoir ce qu'il ne connaît pas.
Le mime	Démontre un haut niveau de contrôle sur ses actions et son comportement. Il fait preuve de beaucoup de perspicacité dans l'importance des repères culturels ramassés. Il met les hôtes et les invités à l'aise, facilite la communication et établit la confiance.
Le caméléon	Atteint des niveaux élevés dans les trois composants de l'IC, et est un type de gestionnaire très rare. Il pourrait être même confondu pour un indigène. Possède les compétences de quelqu'un de local et les perspectives de quelqu'un de l'extérieur.

Ang et al. (2007) ont développé un questionnaire pour un sondage-enquête effectué à Singapour et aux États-Unis afin d'étudier l'IC, selon leur quatre dimensions de l'IC (métacognition, cognition, motivation et comportement). Ils veulent ainsi étudier l'IC et la compétence culturelle. Pour monter ce questionnaire, ils ont interrogé huit gestionnaires possédant une vaste expérience internationale afin de déterminer les questions. La dimension métacognitive comprend quatre questions, telles que : *«Je suis très conscient d'utiliser des connaissances culturelles lorsque j'ai des contacts avec des personnes d'origines culturelles différentes.»* La dimension de l'IC cognitive comprend six questions comme, par exemple, *«Je comprends les lois et systèmes économiques des autres cultures.»* La dimension motivationnelle inclut cinq questions dont : *«J'aime entrer en contact avec des personnes d'origines culturelles différentes.»* La dimension comportementale a également cinq

questions, telle que: «*Je suis capable de changer ma propre façon de parler, selon les besoins des échanges interculturels (comme l'accent, le ton)*».

Une autre échelle utilisant un ensemble de dimensions similaires à l'IC est le questionnaire de *Munroe Multicultural Attitude Scale* (MASQUE), développé dans le cadre d'un contexte d'éducation multiculturelle (Munroe et Pearson, 2006). Le MASQUE est basé sur une approche transformative de l'éducation multiculturelle qui vise à faire participer les étudiants non seulement à l'aide de moyens cognitifs, mais aussi à travers des canaux affectifs et psychomoteurs. Ainsi, comme les dimensions cognitives, motivationnelles et comportementales de l'IC, le MASQUE évalue l'orientation d'un étudiant par rapport à la culture avec les sous-échelles de la connaissance (knowing), de l'empathie (caring) et de l'action (acting). Cependant, le contenu des items du MASQUE couvre un éventail plus large de sujets que celui de l'IC, y compris les différences de culture, de sexe, de race, d'orientation sexuelle, et de statut socioéconomique. En outre, bien que cette échelle d'évaluation reflète ces trois dimensions dans sa structure factorielle et présente une fiabilité globale adéquate (Munroe et al., 2006), les sous-échelles ont une faible cohérence interne, plus particulièrement la sous-échelle concernant les lois.

La mesure *non psychologique* inclut le *centre d'évaluation* et l'*évaluation clinique*. L'utilisation du *centre d'évaluation* pour mesurer l'IC permet une évaluation technique variée. Par exemple, en plaçant les sujets à évaluer dans une série de simulations de situations de travail interculturel, cela leur permet de faire certaines activités pré-spécifiées, de manière à examiner ces sujets pour déterminer s'ils sont qualifiés pour la nomination proposée d'un travail, et de prédire différentes autres capacités. Les outils d'évaluation technique comprennent, entre autres, des paniers de documents opérationnels, des discussions en groupe sans leader, des jeux de rôles, des études de cas et des jeux de gestion. Ces techniques de mesure se complètent l'une et l'autre, et rendent les résultats d'évaluation plus objectifs et efficaces. Le centre d'évaluation n'est également pas seulement un outil puissant pour sélectionner des gestionnaires de multinationales, il est aussi un moyen précieux de formation pour améliorer l'IC. D'une part, les sujets évalués peuvent avoir de la rétroaction et des commentaires sur les résultats de l'évaluation à propos de leurs points forts et faibles. D'autre

part, dans le processus d'évaluation, le sujet peut comprendre quels sont les facteurs plus importants dans les pratiques de gestion.

Lorsque *l'évaluation clinique* est utilisée pour mesurer l'IC, des canaux diversifiés sont généralement requis afin d'obtenir des informations pertinentes, telles que, la façon de marcher, les expressions faciales, l'intonation de la voix et d'autres aspects à observer de manière à établir une première impression ou obtenir des hypothèses initiales. Ensuite, l'IC est vérifiée à travers des méthodes d'entrevues, des enquêtes et des observations. Le succès de la mesure de l'IC, en utilisant l'évaluation clinique, dépend de l'obtention d'informations complètes et fiables, de connaissances spécialisées et des qualités psychologiques des experts. Par conséquent, étant donné la complexité et des exigences élevées des experts pour la mise en œuvre de ces mesures dans l'évaluation non psychologique, à l'heure actuelle, les chercheurs utilisent essentiellement des questionnaires (Ng et Earley, 2006).

Plusieurs outils de mesure ont été développés pour évaluer les compétences de l'IC et interculturelles. Les échelles de mesure ont donné lieu à des approches variées. Le Tableau 2.6 donne une liste des mesures examinées et énumère les dimensions de chaque recherche. Les mesures passées en revue ici sont organisées en fonction de leurs dimensions conceptuelles relativement à ce qui rend les individus et les organisations efficaces dans des situations interculturelles. Ces mesures ont été sélectionnées en fonction de la disponibilité de la fiabilité et la validité des preuves exposées dans la littérature de recherche.

En conclusion, le domaine de l'IC est en émergence, et manque encore de preuves empiriques et de mesures valides. Il est donc difficile de bien identifier et de mesurer l'IC des individus et les organisations. Il existe dans ce domaine un besoin véritable d'un cadre valable permettant d'identifier le niveau d'IC d'un individu et d'une organisation.

Tableau 2.6 Mesures des compétences de l'IC et interculturelles

Outil de mesure	Dimensions	Auteurs	Format	Public-visé
Échelle de l'IC	<ul style="list-style-type: none"> • Métacognitive • Cognitive • Motivationnelle • Comportementale 	Ang, van Dyne, Koh, et Ng, 2004	Auto-évaluation	Tout public
Intelligence sociale interculturelle	<ul style="list-style-type: none"> • Empathie • Ethnocentrisme 	Ascalon et al., 2006		Gestionnaires expatriés
Inventaire de sensibilité interculturelle	<ul style="list-style-type: none"> • Individualisme /Collectivisme • Flexibilité • Ouverture d'esprit 	Bhawuk et Brisling, 1992	test combiné / Auto-évaluation	Gestionnaires expatriés
Inventaire du développement interculturel	Orientation envers les différences culturelles	Hammer, Bennett, et Wiseman, 2003	Auto-évaluation	Tout public
Inventaire d'adaptabilité interculturelle	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilité / Ouverture • Résilience émotionnelle • Acuité de perception • Autonomie personnelle 	Kelley et Meyers, 1995	Auto-évaluation	Tout public
Échelle d'évaluation comportementale de l'efficacité de communication interculturelle	<ul style="list-style-type: none"> • Démonstration de respect/Posture d'interaction • Orientation des connaissances/Empathie • Rôles des tâches connexes • Rôles relationnels • Gestion de l'interaction/Tolérance à l'ambiguïté 	Olebe et Koester, 1989	Rapport de pairs, ou d'un observateur	Étudiants
Échelle d'ajustement du potentiel interculturel	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des émotions • Ouverture • Flexibilité • Pensée critique (créativité / autonomie) 	Matsumoto, LeRoux, et al., 2001, 2003	Auto-évaluation	Tout public
Échelle de l'attitude multiculturelle de Munroe	<ul style="list-style-type: none"> • Savoir • Prendre soin • Agir 	Munroe et Pearson, 2006	Auto-évaluation	Étudiants
Échelle d'adaptabilité interculturelle	<ul style="list-style-type: none"> • Ouverture • Attention aux relations interpersonnelles • Sens de l'identité • Alignement des objectifs personnels et organisationnels • Résolution de problèmes • Expérience interculturelle 		Auto-évaluation	Le personnel militaire dans des opérations de maintien de la paix
Prospecteur	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité aux différences culturelles • Connaissance des affaires courage • Capacité de faire ressortir le meilleur chez les personnes • Intégrité • Perspicacité • Dévouement • Capacité de prendre des risques • Recherche de rétroaction. • Utilisation de rétroaction • Aventurier au niveau culturel • Chercheur d'occasions d'apprentissage • Ouverture à la critique Flexibilité 	Spreitzer et al., 1997	Auto-évaluation ou rapport de pairs	Dirigeants internationaux
Questionnaire de Personnalité multiculturelle	<ul style="list-style-type: none"> • Empathie culturelle • Stabilité émotionnelle • Initiative sociale • Flexibilité • Ouverture d'esprit 	Van der Zee et Van Oudenhoven, 2000	Auto-évaluation	

2.4.4 Questionnaires d'évaluation de l'intelligence culturelle

Les chercheurs de l'IC ont travaillé sur plusieurs versions avant de développer finalement un questionnaire de 20 items d'auto-évaluation pour évaluer l'IC (Earley, 2002; Earley et Ang, 2003; Koh et al., 2010; Ang, Van Dyne et al., 2006; Ang et al., 2008, 2010). L'échelle d'IC fournit une évaluation en se basant sur quatre dimensions de l'IC : la métacognition, la cognition, la motivation et le comportement. Cette évaluation permet d'obtenir des renseignements précis afin de prédire la capacité des individus et les organisations à agir efficacement dans des situations interculturelles.

Leur questionnaire a été utilisé lors de six études avec un échantillonnage total de plus que 1500 personnes. Ce questionnaire a été utilisé pour recueillir des données sur les capacités que des participants à des études avaient à l'égard de leur capacité culturelle et de l'IC, tel que défini par Ang et al. (2008, 2010) dans leur étude. Ce questionnaire de l'IC est le questionnaire fermé généralement composé de quatre sections avec des questions relatives à l'IC métacognitive, des questions concernant l'IC cognitive, des questions faisant référence à l'IC motivationnelle et des questions à propos de l'IC comportementale. Par exemple, un des items du questionnaire d'Ang et al. (2008, 2010) est : *«Je suis conscient des connaissances culturelles que j'utilise lorsque j'interagis avec les personnes d'origine culturelle différente»*. Selon les auteurs, les résultats ont démontré que la structure de ces questionnaires reste stable à travers les échantillons, à travers le temps et à travers les pays. Les résultats sont prometteurs et suggèrent des implications à la fois théoriques et pratiques. Bien que développé comme une mesure d'auto-évaluation, l'IC se prête facilement à la mise en œuvre d'une approche multi-évaluateurs, du fait que l'outil utilisé soit bref, se composant, de seulement 20 items. La mesure de l'IC offre un bon début de validation qui manque à de nombreuses autres mesures de la compétence interculturelle.

Comme un outil d'auto-évaluation, l'IC fait la corrélation avec des critères tels que la performance dans des contextes internationaux et l'adaptation interculturelle, avec une puissance prédictive supérieure à celle de l'intelligence émotionnelle (Ang et al., 2004; Templer et al., 2006). Toutes les dimensions de l'IC ont d'ailleurs montré une corrélation avec l'ouverture face aux expériences. Des relations positives spécifiques ont été aussi

observées entre la conscience et l'IC cognitive, l'extraversion avec la cognition, l'IC motivationnelle et celle comportementale, et l'amabilité avec l'IC comportemental.

Des études récentes sur la validité prédictive de l'IC ont montré que l'échelle fournit autant des résultats de prédiction généraux que spécifiques. Un sondage auprès d'employés expatriés travaillant à Singapour dans une variété d'industries ont montré que l'IC motivationnelle était corrélée positivement avec les résultats généraux de l'adaptation générale, l'adaptation d'interaction, et l'adaptation au travail (Templer et al., 2006). En outre, l'IC motivationnelle contribue à la fois au travail et l'adaptation générale, plus encore que l'influence du sexe, de l'âge, du temps passé dans le pays hôte, des précédents d'expérience internationale et la présence d'un aperçu réaliste du poste.

Les études examinant les corrélations entre l'IC avec des critères plus précis ont dénoté que l'IC métacognitive et l'IC cognitive sont liées au développement de styles d'attributs de la culture hôte et de processus décisionnels (Ang et al., 2004). Ces résultats sont d'ailleurs soutenus par des études ultérieures montrant que l'IC métacognitive et l'IC cognitive prédisent les jugements culturels, la prise de décision et l'exécution des tâches (Ang et al., 2007). En plus de prédire les variables cognitives, l'IC s'est avérée utile dans la prédiction complexe de comportements interpersonnels.

Du point de vue théorique, avec le questionnaire d'Ang et al, nous constatons que les 20 items sont appropriés pour mesurer l'IC, avec un support empirique solide pour la fiabilité, la stabilité et la validité. Du point de vue de l'application pratique, ce questionnaire peut fournir des indications importantes et des renseignements personnels à des individus à propos de leur propre IC, et concernant leur capacité personnelle de fonctionner efficacement dans des situations caractérisées par la diversité culturelle. Par ailleurs, les auteurs ont mis l'accent aussi sur les organisations, qui pourraient utiliser ce questionnaire pour mesurer le niveau d'IC des employés et ainsi identifier qui seraient particulièrement bien adaptés pour des missions à l'étranger. Plus précisément, cette classification pourrait être utilisée pour développer de la formation en entreprise et des programmes d'éveil personnel ou pour identifier les employés qui pourraient offrir du mentorat aux personnes venant d'obtenir un mandat à l'étranger. Ainsi, cette échelle de classification constitue une base solide pour

d'autres recherches avec ses implications importantes et pratiques pour l'auto-évaluation, les interactions interculturelles, la sélection en entreprise, la formation, le développement, la motivation, l'ajustement, la performance et le bien-être.

Van Dyne et al. (2008) ont développé une version du questionnaire en fonction d'observateurs, à partir du questionnaire de 20 items d'auto-évaluation d'Ang et al. (2008, 2010), dans le but de mesurer l'IC. Ce questionnaire a adapté chaque item du questionnaire de l'auto-évaluation afin de refléter l'évaluation faite par un observateur plutôt que par l'auto-évaluation. Ils pensent que, étant donné la nature d'auto-évaluation de la recherche initiale qui a été utilisée, il est également important de considérer une évaluation de l'IC des autres faites par un observateur. Par exemple, l'item du questionnaire montré précédemment change de : *«Je suis conscient des connaissances culturelles que j'utilise lorsque ...»* à *«Cette personne est consciente des connaissances culturelles, qu'il / elle utilise lorsque ...»*. Ils ont validé ce questionnaire en examinant environ 142 gestionnaires participants

2.4.5 Intelligence culturelle et concepts pertinents

2.4.5.1 Intelligence culturelle et cinq grands traits de personnalité

L'IC représente une capacité qu'ont des personnes de réaliser une action efficace pour s'adapter dans différents milieux culturels. Selon cette perspective, bien que les personnes soient différentes, les traits de personnalité sont relativement stables. Les traits de personnalité illustrent que les personnes ont des caractéristiques constamment démontrées à des moments et des situations différentes. Donc, certains traits de personnalité auront un effet sur les choix, l'expérience et le comportement particulier. Par conséquent, certains traits de personnalité ont une certaine relation avec l'IC.

Les études interculturelles se sont d'ailleurs grandement intéressées aux gestionnaires qui travaillent outremer. Ones et Viswesvaran (1997) ont résumé 37 études empiriques sur l'impact de la personnalité dans leur rendement au travail ainsi que dans la capacité à s'adapter et à compléter la tâche. Ces traits de personnalité comprennent l'empathie, la sensibilité, la flexibilité, le respect de soi, l'autonomie, la réalité de la vie, l'honnêteté, le respect, l'adaptabilité, la largeur de domaine cognitif, l'auto-orientation et l'orientation

d'autres, l'extraversion, la curiosité et la confiance. Mais leur étude manque d'explication systématique dans la mise en pratique, ce qui expliquerait pourquoi cette étude n'a pas attiré l'attention d'autres chercheurs. Par contre, l'étude de Caligiuri (2000) a véritablement stimulé l'intérêt de différents chercheurs. Cet auteur a trouvé cinq traits de personnalité (Big Five personality) : l'ouverture à l'expérience, la conscience, l'extraversion, la stabilité émotionnelle, et l'entregent. Ces traits peuvent être considérés pour prédire efficacement la probabilité de succès dans une mission outremer.

Ang, Van Dyne et Koh (2006) ont fait une comparaison entre leurs quatre dimensions de l'IC et ces cinq grands traits de personnalité. Ils ont premièrement vérifié la validité de la distinction de l'IC, et deuxièmement, ils ont constaté qu'il existe une corrélation complexe entre les quatre dimensions de l'IC et chacun des cinq traits de personnalité. Par exemple, les quatre dimensions de l'IC seraient affectées par l'ouverture à l'expérience. L'IC métacognitive est affectée par la conscience. Les individus ayant une conscience élevée prendraient le temps et mettraient les efforts pour planifier et questionner des hypothèses par rapport à une nouvelle culture. Ils réfléchissent sur la tendance et les normes culturelles, ils vérifient et ajustent leur mode de pensée. Ils sont plus susceptibles d'adhérer, de réfléchir et de faire des efforts pour diminuer l'ambiguïté dans un environnement interculturel et de devenir plus organisés et structurés. L'IC cognitive est influencée par l'extraversion. Les personnes plus extraverties sont plus prêtes à communiquer avec d'autres personnes d'origines culturelles différentes. Elles sont curieuses de la nouveauté. Ainsi, elles comprennent plus profondément une nouvelle culture en matière de système économique, juridique et social. L'IC motivationnelle est marquée par la stabilité émotionnelle et l'auto-efficacité. Les personnes ayant une bonne stabilité émotionnelle sont plus susceptibles d'essayer de nouvelles choses et d'être exposées à des nouveaux environnements, sans démontrer de sautes d'humeur importantes. L'IC comportementale est influencée par l'entregent. L'entregent représente une compétence comportementale pendant l'interaction avec d'autres personnes. Nous disons des individus aimables et conviviaux qu'ils sont chaleureux, polis, gentils et autres bonnes qualités, à propos de leurs traits de personnalité. Lors d'échanges interculturels, ils ont une grande flexibilité de comportement au niveau du

langage verbal et non verbal. Les personnes agréables sont susceptibles d'éviter ou de réduire les conflits sociaux.

2.4.5.2 Intelligence culturelle, intelligence générale et intelligence émotionnelle

Earley et Ang (2003) ont suggéré que l'IC et l'intelligence générale (IG) sont différentes, parce que les personnes possédant une IG élevée n'ont pas nécessairement une grande IC. Bien que l'IC offre un champ d'étude large, elle n'est pas souvent associée au domaine de l'IG. Pourtant, malgré que l'IC et l'IG soient différentes, elles sont liées également. La différence-clé entre l'IC et l'IG est que l'IC se préoccupe plus particulièrement de la capacité d'un individu de reconnaître un nouvel environnement et de répondre efficacement face à la nouvelle culture. Earley et Mosakowski (2004) pensent d'ailleurs que l'IC et l'IG ont aussi des points communs. Par exemple, dans les deux cas, quelqu'un est tenu de «réfléchir à deux fois». Généralement, lorsque les personnes entrent dans un nouvel environnement, ils éprouvent temporairement un retard au niveau du jugement. Cependant, les personnes avec une IC élevée raccourciront ce délai du temps de jugement. Les personnes ayant une IC élevée ont généralement aussi une IG élevée.

Entre l'IC et l'intelligence émotionnelle (IE), il existe certains liens et des différences. Du côté de la structure, nous constatons un chevauchement entre les deux, entre autres au niveau des facteurs cognitifs et comportementaux. Du côté de la définition, tous les deux concernent par la capacité de s'adapter à un environnement donné. Mais leur différence est très grande aussi : l'IC met l'accent sur un environnement étranger, tandis que l'IE se concentre sur un environnement familier. Earley et Mosakowski (2004) ont constaté que les personnes ayant un haut niveau d'IE peuvent comprendre la communauté et l'individualité de la population dans un environnement familier. Par contre, les personnes avec un niveau d'IC élevée peuvent identifier les caractéristiques d'une personne ou d'un groupe dans un environnement inconnu. Ces personnes peuvent-elles savoir facilement quelles sont les caractéristiques communes de toutes les personnes et des groupes? Quelles sont les caractéristiques uniques chez la personne ou dans le groupe? Et quelles sont les caractéristiques ni communes, ni personnelles? Tan (2004) ajoute que la précondition ou la pré-hypothèse de l'IE est que les personnes sont très familières avec leur environnement culturel et essaient d'interagir avec

les autres. Ainsi, l'IC complète l'IE, car elle montre comment des personnes dans des environnements inconnus interagissent avec les autres.

2.4.5.3 Intelligence culturelle, adaptabilité interculturelle et compétence interculturelle

La mondialisation favorise la circulation transfrontalière des talents. Comment atteindre une bonne performance dans un nouvel environnement devient une grande préoccupation. Par conséquent, l'adaptabilité interculturelle a été largement étudiée. Black (1990) explique que l'adaptabilité interculturelle est le confort et la familiarité psychologique d'un individu dans un nouvel environnement. Elle comprend trois dimensions. La première dimension est l'adaptabilité générale. Elle concerne l'adaptabilité à la culture et aux conditions de vie du pays hôte. La deuxième dimension est l'adaptabilité de la communication. Elle touche l'établissement des relations harmonieuses avec le personnel du pays hôte. La troisième dimension est l'adaptabilité au travail, c'est-à-dire l'adaptabilité au cadre des nouvelles tâches, aux nouveaux rôles de travail, aux nouvelles responsabilités et aux nouveaux environnements de travail dans un nouveau contexte culturel. L'adaptabilité interculturelle est considérée comme une clé déterminante de la réussite d'expatriés. Elle peut être utilisée pour prédire le stress au travail, la satisfaction au travail et le potentiel de rétention des personnes expatriées.

La différence entre l'IC et l'adaptabilité interculturelle est la différence de la source prédictive et le critère considéré, c'est-à-dire que l'IC serait la source de la prévision de l'adaptabilité interculturelle. Templer et al. (2006) ont constaté que l'IC motivationnelle et l'adaptabilité interculturelle sont significativement corrélées. Ils ont étudié la relation entre l'IC motivationnelle et les trois dimensions de l'adaptabilité interculturelle. Les résultats montrent que les individus ayant un niveau élevé d'IC motivationnelle ont un haut niveau d'adaptabilité au travail. Ils ont la capacité de s'auto-motiver, ils sont convaincus d'avoir la capacité de s'adapter dans un nouvel environnement culturel et ils gardent leur esprit ouvert. Ils sont prêts à continuer à s'adapter au nouvel environnement, en particulier aux conditions de travail. De cette façon, ils sont psychologiquement prêts à s'adapter aux nouvelles exigences.

La compétence interculturelle est aussi un produit de la mondialisation économique. Johnson et al. (2006) pensent que la compétence interculturelle se définit, dans les affaires internationales, comme les résultats d'individus qui, utilisant une série de connaissances, des compétences et des caractéristiques personnelles, ont réussi à coopérer efficacement dans leur travail avec des personnes de différentes origines ethniques et culturelles. La compétence interculturelle met l'accent sur l'importance d'atteindre des succès, par exemple, l'efficacité d'une coopération. Par contre, l'IC souligne l'importance du processus comme, par exemple, de collecter et de traiter rapidement les informations, de porter des jugements et de prendre des mesures efficaces pour faire face à une nouvelle culture. De plus, dans les études existantes, la mesure de l'IC se fait différemment de celui de la compétence culturelle. Dans le cas de la compétence interculturelle, celle-ci se concentre sur la mesure de l'état caractéristique (state-like). L'IC inclut non seulement l'état caractéristique, mais inclut aussi le trait caractéristique (trait-like). Selon Yamazaki et Kayes (2004), bien qu'il existe des différences dans les recherches sur les concepts et méthodes de l'IC et la compétence interculturelle, ces deux concepts ont autant d'importance dans la gestion interculturelle. L'intégration de ces deux concepts a donc aussi une signification pratique. Johnson et al. (2006) ont d'ailleurs intégré ensemble ces concepts comme nous pouvons le voir dans la Figure 2.2 ci-dessous, l'IC intègre des variables potentielles dans le processus de développement des compétences interculturelles. L'IC représente le processus et le contenu. Elle comprend trois aspects : les caractéristiques individuelles, les compétences personnelles et des connaissances culturelles. Le processus de formation de la compétence interculturelle est un processus continu dans lequel un individu applique ces trois aspects dans un nouvel environnement culturel.

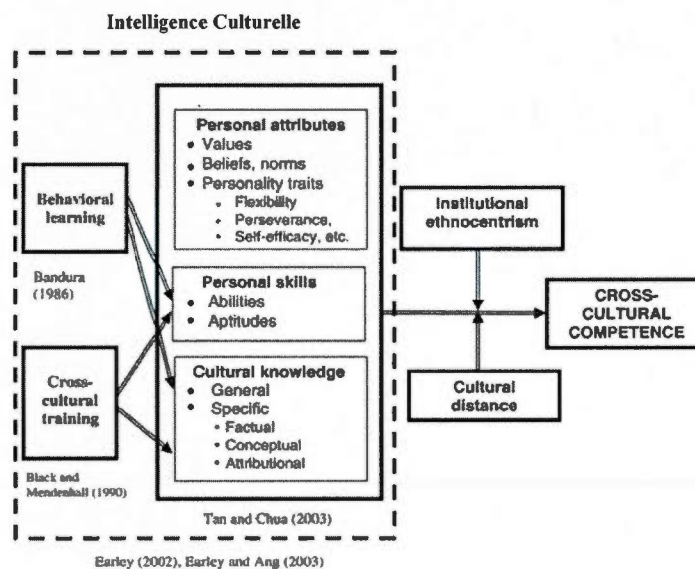


Figure 2.2 Processus de l'IC associé à la compétence interculturelle (Johnson, 2006)

En conclusion, pour une meilleure compréhension, nous résumons les relations entre l'IC et les concepts d'adaptabilité interculturelle et la compétence interculturelle. L'adaptabilité interculturelle est la transition entre deux cultures, l'IC sert à évaluer les qualités d'un individu dans le processus de cette transition, et la compétence interculturelle est le résultat obtenu dans le cadre d'affaires interculturelles.

2.4.5.4 Intelligence culturelle et prise de décision

Le jugement et la prise de décision (JPD) réfèrent largement au traitement humain de l'information lors de la prise des décisions. Les compétences non techniques, telles que la prise de décision, la négociation et le leadership, sont les plus influencées par la culture. Les tâches du JPD nécessitent un raisonnement délibéré, une évaluation des preuves et une comparaison des alternatives (Einhorn et al., 1981). Le jugement culturel et la prise de décision (JCPD) efficace nécessitent la compréhension des questions culturelles et la réalisation d'interprétations appropriées fondées sur des valeurs culturelles (Mendenhall et al., 1985). L'IC a été associée à des résultats d'expatriés et entreprises dans des cas d'affaires internationales, en ce qui concerne leur JCPD.

Ang et al. (2007) ont amélioré la précision théorique de l'IC par le développement et le test d'un modèle postulant des relations différentielles entre les quatre dimensions de l'IC

(métacognitive, cognitive, motivationnelle et comportementale) et les trois facteurs d'efficacité interculturelle (jugement culturel et prise de décision, adaptabilité culturelle, et exécution des tâches en milieu culturellement diversifié). Dans leurs recherches, ils examinent la qualité des décisions relatives aux interactions interculturelles. Ang et al. proposent comme hypothèse que l'IC mentale (métacognitive, cognitive) prédit de façon significative le JCPD et l'exécution des tâches.

L'IC métacognitive est la capacité mentale d'ordre supérieur permettant de penser à des processus de pensée personnelle, d'anticiper les préférences culturelles des autres, et d'ajuster les modèles mentaux pendant et après des expériences interculturelles. En tant que tel, l'IC métacognitive devrait être liée positivement à l'efficacité du JCPD. Quand les personnes sont conscientes des différences potentielles dans les processus de pensée, elles ont tendance à faire des attributions isomorphes, définies comme l'interprétation du comportement selon la perspective de l'acteur et de lui donner la même signification que celui attendu par l'acteur (Triandis, 2006). Tenir compte de cela permet aux personnes ayant une IC métacognitive élevée de comprendre les autres et de prendre des décisions culturelles de meilleure qualité.

L'IC cognitive est également associée positivement à l'efficacité du JCPD parce que les personnes avec une IC cognitive supérieure élaborent des schémas culturels se définissant comme des représentations mentales des interactions sociales des groupes culturels particuliers (Triandis, 1994). Puisque les schémas facilitent le traitement conceptuel des informations, avoir de riches schémas culturels permet aux individus d'identifier et de comprendre les questions clés dans le JCPD et de développer des explications appropriées.

Ces résultats de recherche appuient la thèse d'Ang et al. (2007) selon laquelle les capacités cognitives telles que le questionnement d'hypothèses, l'ajustement des modèles mentaux, et les riches schémas de connaissances culturelles sont particulièrement importants pour porter des JCPD, quand les situations impliquent de la diversité culturelle. Selon eux, une raison pour laquelle l'IC est nécessaire pour augmenter le rendement au travail, c'est parce que les personnes qui gèrent intuitivement et suivent le courant sont souvent prises au dépourvu par des situations interculturelles au travail qui donnent des résultats imprévisibles.

Les personnes ayant une IC élevée peuvent mieux anticiper et gérer les risques et ainsi prendre des décisions qui impliquent des dynamiques complexes et multiculturelles.

Ces auteurs n'établissent donc pas de relation entre l'efficacité du JCPD et l'IC motivationnelle et comportementale, parce que le processus d'analyse impliqués dans le raisonnement à propos des questions culturelles ne souligne pas la capacité de canaliser l'énergie ou d'afficher des comportements appropriés.

2.5 Processus décisionnel

Le processus décisionnel spécifique sur lequel nous travaillons intègre les étapes fondamentales de la prise de décision. Noubel (2004) décrit une décision en quatre étapes. Selon lui, ces quatre étapes sont permanentes, redondantes et auto-inclusives. Elles fonctionnent comme une spirale sans fin. La séquence du cycle se présente comme:

- 1) *Réflexion* : Elle est l'étape de l'identification et de l'analyse du problème présenté, ainsi que ses dimensions, avec les connaissances des individus. Elle fait appel à tous les savoirs. Grâce aux dialogues sous toutes leurs formes, ses savoirs se partagent, se croisent et se fertilisent. Les dialogues permettent de déterminer les visions, de prévoir les éléments conflictuels et d'appréhender l'étendue des consensus.
- 2) *Formulation des options* : C'est l'étape de la recherche des solutions alternatives, et d'examen des conséquences de ces alternatives. Elle représente une étape délicate, faisant fortement appel aux savoirs, où les objets et les liens sont définis et un processus de sélection est mis en place.
- 3) *Sélection d'une option finale* : Cette étape est réalisée de manière plus collégiale et de façon plus stratégique, faisant appel à la pensée de l'individu. Les options alternatives étant plus riches, flexibles, documentées et représentatives, bref, de meilleure qualité, la sélection est alors facilitée, peu importe la méthode retenue, que ce soit un vote, un consensus, un choix d'un expert attitré, etc.
- 4) *Action* : Elle représente l'exécution de la décision finale par les individus. Une option finale intègre, à la fois, l'interaction de savoirs et l'organisation opérationnelle des acteurs.

Güss (2004) propose un processus de prise de décision différent, qu'il découpe selon les étapes suivantes :

- 1) Reconnaître qu'un problème nécessitant une décision existe;
- 2) Étudier les causes et les effets possibles du problème;
- 3) Définir et prioriser les objectifs;
- 4) Cueillir les informations pertinentes et nécessaires;
- 5) Évaluer et organiser les informations dans un modèle mental;
- 6) Planifier des solutions alternatives;
- 7) Anticiper les conséquences des décisions possibles;
- 8) Sélectionner une alternative de référence comme base pour comparer les autres solutions de rechange;
- 9) Sélectionner et rejeter les mauvaises alternatives;
- 10) Sélectionner la meilleure solution et prendre une décision;
- 11) Informer les autres de la décision et donner la justification;
- 12) Évaluer les résultats.

Bien que les méthodes, procédures et techniques exactes varient beaucoup d'un processus à l'autre, nous avons constaté que la prise de décision se fait selon des étapes semblables d'une manière ou d'une autre, dans tous les processus décisionnels. Résoudre des problèmes et prendre des décisions nécessitent une série d'étapes bien définies. Nous résumons le processus de prise de décision selon les cinq étapes suivantes :

1^{ère} étape - Définition du problème : La résolution de problèmes rationnelle nécessite en premier de définir le problème. Un problème à première vue peut n'être qu'une indication d'un problème sous-jacent plus profond. Le problème doit être défini clairement. Nous devons prendre tout le temps nécessaire pour définir le problème avant de passer à l'étape suivante.

2^e étape - Évocation de solutions au problème : Nous répertorions différentes solutions possibles afin d'évaluer ensuite chacune d'entre elles. Tous les problèmes ont plus d'une

solution, bien que parfois une seule puisse d'abord nous venir à l'esprit. Dans le cadre du processus décisionnel, nous devons accorder suffisamment de temps à la découverte de solutions de rechange.

3^e étape- Choix d'une solution : Nous évaluons chacune des solutions en fonction des objectifs du décideur. Cette étape nécessite d'évaluer des solutions de rechange et de choisir la meilleure. Nous devons mettre beaucoup de soin à évaluer chaque solution de rechange, compte tenu des avantages et des inconvénients de chacune. Nous choisissons la solution qui résoudra le problème qui se pose sans créer d'autres problèmes imprévus.

4^e étape- Mise en œuvre de la solution : Cette étape consiste en la planification des différentes actions et la mise en œuvre de la solution retenue. Cela requiert de la sensibilité, étant donné qu'il y aura peut-être de la résistance de la part de personnes qui s'opposeront à la décision ou qui seront touchées par celle-ci. Nous devons peut-être élaborer une stratégie pour faire accepter cette solution pendant la mise en œuvre.

5^e étape- Évaluation : Le processus de mise en œuvre doit comporter une méthode visant à recueillir des commentaires afin d'évaluer la solution que nous avons choisie. Nous devons déterminer si le problème initial a été résolu. La prise de décision et la résolution de problème peuvent provoquer un conflit. Un conflit n'est pas nécessairement mauvais. Il indique que les personnes réfléchissent indépendamment et se préoccupent de ce qui se passe.

2.6 Conclusion

Aujourd'hui, le domaine de l'IC prend de plus en plus d'ampleur dans le monde moderne en raison du phénomène de mondialisation. Nous nous efforçons d'en comprendre la profondeur et la signification, ainsi que les concepts associés. Nous avons donc étudié les différents concepts essentiels. Ces concepts s'avèrent hautement théoriques. Leurs descriptions précises nous offrent un cadre pour supporter notre recherche. Dans le chapitre III, nous étudions l'état de l'art pour obtenir un aperçu global de la situation actuelle des recherches combinant potentiellement l'IA et l'IC et tenter de découvrir s'il existe des solutions pour notre problématique de recherche.

CHAPITRE III

REVUE DE LITTÉRATURE

3.1 Introduction

Notre revue de littérature s'intègre dans le cadre de la discipline de l'informatique cognitive. Dans ce chapitre, nous présentons une synthèse relativement aux écrits scientifiques sur l'aspect culturel dans le domaine de l'IA. Nous présentons et critiquons les travaux de recherche ayant traité de systèmes d'intelligence artificielle tenant compte de l'aspect culturel. Le sujet de notre recherche porte sur la création d'un modèle computationnel d'IC à l'aide de techniques associées à l'IA. Étant donné qu'il n'existe pas, à notre connaissance, de recherches sur la combinaison spécifique du domaine de l'IC et du domaine de l'IA, la littérature fait plutôt état d'études et des recherches sur des produits ou des événements culturels utilisant différents systèmes d'IA. Cette synthèse inclut des études réalisées sur les différents systèmes. Bien qu'elle vise à aider les utilisateurs à tous les niveaux, c'est spécifiquement les éléments à propos de la culture qui nous intéressent. Notre but est d'inventorier les connaissances sur des sujets diversifiés, avec une application d'un système d'IA tenant compte des considérations culturelles. La Figure 3.1 illustre les champs d'intérêt couverts par notre revue de littérature.

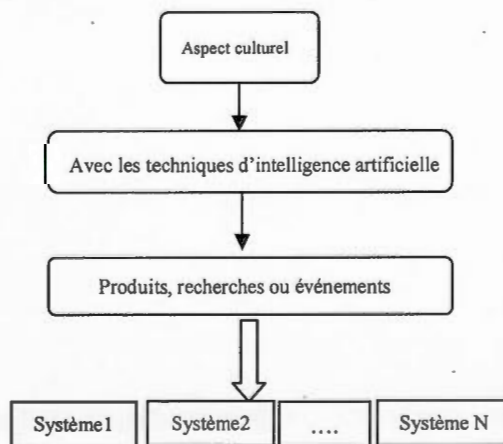


Figure 3.1 Éléments au centre de nos recherches dans la littérature

L'objectif de ce chapitre est de présenter la matière relative aux problématiques, aux questions de recherches, aux méthodes utilisées et aux résultats de ces recherches. Notre synthèse se compose donc, en premier lieu, d'un bref aperçu des articles que nous avons choisis. Nous présentons les différents travaux ayant traité du sujet de la culture dans le domaine d'IA. Nous présentons également les recherches faites sur la combinaison des systèmes experts et de la culture. Enfin, nous faisons un rapprochement entre ces études et la nôtre. Cela nous permet ainsi de faire un parallèle avec ce que nous pouvons effectuer dans le contexte de notre recherche et nous amène à traiter et développer notre modèle computationnel d'IC.

3.2 Survol des recherches traitant de la culture

Le travail de Bee et al. (2008) se base sur la littérature traitant du comportement du regard et de la culture. Selon ces auteurs, il est difficile d'extraire des valeurs uniques pour des comportements du regard culturellement spécifiques à utiliser dans l'interaction homme-machine. En comparant les comportements de regard au sein de différentes cultures, l'objectif est d'extraire des règles générales et des paramètres de comportements du regard dans l'interaction homme-machine. Selon ces auteurs, un comportement de regard pour les agents virtuels serait important. Les auteurs prétendent donc qu'il faut construire un modèle sensible aux comportements du regard pour les entités virtuelles afin qu'elles puissent comprendre les différentes fonctions du regard.

La méthode qu'ils ont appliquée est d'utiliser des regards d'utilisateurs lors d'interactions homme-machine et de trouver un moyen d'établir automatiquement la cible du regard de l'utilisateur. Une autre chose importante est de définir la résolution du regard ciblant les domaines d'intérêt. Les chercheurs ont été inspirés par la théorie d'Hall (1963), qui s'applique aux interactions entre êtres humains. Ils en ont tiré trois domaines d'intérêt: 1) le contact direct avec les yeux; 2) le regard dans la direction de quelqu'un; et 3) l'absence de contact visuel. Pour mesurer le comportement des yeux d'utilisateurs, ils ont utilisé un dispositif permettant de suivre le regard.

Ils ont trouvé les dépendances culturelles du comportement du regard lors de conversations. Dédire des règles générales qui sont valables au-delà de la culture pourrait jouer un rôle crucial. Le modèle sensible au regard pourrait fournir de la rétroaction visuelle aux utilisateurs interagissant avec des agents virtuels.

Selon les résultats de recherche, les résolutions et les manipulations actuellement obtenues à distance des mouvements oculaires, comprenant l'étalonnage des utilisateurs avant usage, sont suffisantes pour l'interaction homme-machine. La vitesse de saisie de ces données est presque en temps réel, ce qui permet d'interagir sans délai avec les utilisateurs. Selon les auteurs, leurs recherches ont certaines limites. Ils expliquent premièrement, qu'il n'existe aucune norme pour étudier les comportements de regard en fonction des différentes cultures. De plus, ces études ne fournissent pas de résultats normalisés. Il est donc difficile pour eux de réutiliser ces conclusions pour l'interaction homme-machine. Deuxièmement, les comportements de regard sont influencés non seulement par la culture, mais aussi par la distance, le sexe ou la personnalité. Donc, il est impossible d'utiliser ces résultats quantitatifs pour un personnage virtuel. Troisièmement, ils ne peuvent appliquer aucune conclusion de la littérature pour la création d'un modèle de comportement de regard. Selon eux, la création d'un modèle doit se faire en fonction d'un genre particulier de personnage virtuel utilisé, pour un type particulier d'interaction et un type défini de personnes qui interagiront.

Comme faire de nouveaux modèles pour un seul utilisateur ou caractère virtuel n'est pas souhaitable, le défi des recherches futures sur ce sujet sera de trouver les paramètres appropriés pour ajuster les modèles d'interaction selon des fonctions comme la culture. Les auteurs se concentreront donc sur les différences culturelles des regards entre les Allemands et les Japonais. Ils espèrent pouvoir développer un modèle de comportement du regard pour les Allemands et les Japonais et sensibiliser des agents virtuels à ces différences.

Endrass et al. (2008) ont étudié l'usage des pauses dans le discours. Ils ont mis l'accent sur les différences causées par le milieu culturel, dans le but de construire un modèle de traitement pour les agents virtuels. Plus précisément, les chercheurs utilisent les tendances au niveau de la fréquence des pauses dans le discours, décrites dans la littérature et confirmées par leur étude même, de manière à adapter un modèle de dialogue pour un ACI (Agent

Conversationnel Intégré) à un modèle culturel spécifique. Un ACI a l'avantage de considérer comme un cas particulier des systèmes multimodaux d'interactions dynamiques. Le but de cette étude est d'obtenir une meilleure adaptation à une culture donnée. Par conséquent, ils analysent de plus près l'utilisation de pauses, ainsi que leurs attributs, tels que leur longueur ou leur emplacement. Les chercheurs doivent vérifier attentivement quelles fonctions les pauses peuvent occuper dans des conversations et de quelle façon leur usage diffère d'une culture à l'autre. Les chercheurs veulent construire un modèle de traitement pour l'Allemagne et le Japon, car ces deux cultures les intéressent plus particulièrement. Selon les chercheurs, bien que la culture joue un rôle important dans l'interaction humaine et dans la communication naturelle entre les agents virtuels et les utilisateurs, jusqu'à maintenant, peu d'efforts ont été faits pour intégrer les différences culturelles dans les systèmes techniques. Étant donné que l'usage des pauses dans le discours est un aspect important dans la gestion de dialogue pour ces chercheurs, ils veulent donc examiner de plus près cet élément de la communication pour répondre aux questions suivantes : Combien de fois et quand les pauses ont-elles lieu? Combien de temps durent-elles? Qui rompt le silence? Quel type de comportements du langage est suivi par des pauses et quelles sont les types de déclarations utilisées pour poursuivre?

Les auteurs proposent l'hypothèse suivante : *«les pauses dans les conversations en japonais vont se produire plus fréquemment que dans les conversations en allemand»*. En outre, pour servir de base à leurs attentes concernant la culture des dialogues spécifiques dans la gestion des données empiriques, ils ont analysé l'occurrence des pauses dans les discours enregistrés sur vidéo. Par conséquent, environ 20 heures de vidéo de participants japonais et allemands ont été recueillies dans le but d'analyser les comportements non-verbaux. Afin d'analyser les vidéos, une annotation a été réalisée à l'aide de l'outil «Anvil». Tout d'abord, les séquences vidéo ont dû être transcrites et traduites en anglais pour permettre l'analyse des deux cultures. Enfin, ils comparent les échantillons en allemand avec les enregistrements vidéo en japonais.

Le résultat de l'analyse est obtenu en comparant les flux de la conversation entre les deux cultures. Ils ont constaté que les participants japonais ont fait, de manière significative, un plus grand nombre de pauses entre les énoncés de discours que les participants allemands.

Au sujet de la contribution de cette étude, les chercheurs soulignent que ce domaine de recherche est prometteur, car il permet d'intégrer les différences culturelles dans les systèmes d'ACI. Ils pensent avoir découvert des tendances intéressantes pouvant servir à de futures recherches exploratoires. D'ailleurs, dans leurs travaux futurs, ils vont analyser toutes ces vidéos enregistrées, afin de renforcer leurs résultats. De plus, ils veulent analyser de plus près les moments précis où ont lieu les pauses. Donc, ils ont besoin de catégoriser les énoncés de discours pour leur permettre aussi d'analyser les séquences d'expression des énoncés qui évoquent des pauses.

Koda (2008) présente une recherche basée sur trois expériences en ligne sur des avatars comme représentations graphiques, afin de comparer les interprétations des expressions faciales de ces avatars à travers les cultures. Les avatars sont utilisés pour exprimer des émotions dans les communications sur Internet. Ces avatars sont utilisés en supposant que les expressions sont interprétées universellement par toutes les cultures. Toutefois, ces expressions devraient être conçues avec une attention particulière, de manière à ce qu'elles soient reconnues universellement. La motivation de cette étude est d'examiner les différences culturelles dans l'interprétation de l'expression des avatars, afin d'éviter tout malentendu lors de l'utilisation. Les objectifs de cette étude sont : 1) enquêter sur les différences culturelles dans l'évaluation d'expressions d'avatars et d'appliquer les conclusions d'études psychologiques dans la reconnaissance des expressions faciales; 2) identifier les caractéristiques à la base de différences culturelles au niveau de l'interprétation. Le dessin des avatars utilisés dans les deux premières expériences a été réalisé par des artistes japonais. Les résultats obtenus suggèrent qu'il existe des différences culturelles dans l'interprétation des expressions faciales des avatars. Les résultats ont montré que les expressions faciales des avatars basées sur les techniques de dessin des bandes dessinées japonaises sont plus précisément reconnues par les participants japonais que les participants des autres pays. Ainsi, c'est une indication qu'un groupe profite du fait de provenir d'un même pays, non seulement au niveau de la reconnaissance des expressions du visage humain, mais également des expressions d'avatars.

La procédure de la troisième expérience est la même que deux premières expériences précédentes, sauf que les dessins d'avatar sont dessinés par des dessinateurs français,

allemands, japonais, britanniques et américains. De plus, une nouvelle fonctionnalité a été ajoutée à la troisième expérience, où les participants sont invités à évaluer leur niveau de confiance. L'objectif de la troisième expérience est de vérifier l'« avantage dans le groupe », basé sur les résultats de deux premières expériences, avec des avatars illustrés par des dessinateurs de pays différents, et les évaluations des participants des quatre pays autres que le Japon. La méthode de la troisième expérience a été développée en utilisant l'application «Macro-media Flash». Les participants répondent à un bref questionnaire et une évaluation du niveau de confiance. L'ordinateur enregistre ensuite le tout pour une analyse ultérieure. Le résultat de la troisième expérience démontre une autre indication des différences culturelles dans l'interprétation des expressions faciales d'avatars. Il est intéressant de noter que les expressions faites par les dessinateurs japonais ont le taux plus élevé de reconnaissance correspondante en Allemagne et en France que celles faites par les concepteurs provenant de pays occidentaux.

En conclusion, il faut noter que l'inconvénient de cette recherche est que la culture est simplement définie par des pays participants. Pourtant, la définition de la culture est plus complexe et fait également référence à d'autres variables, comme la religion. Donc, le chercheur suggère, pour les analyses futures d'envisager des modèles culturels. En outre, il devra tenir compte de la proximité culturelle pour ses analyses aussi. De plus, une analyse de proximité géographique, afin d'examiner les différences culturelles, devrait être considérée.

Stewart et al. (2008), ont réalisé une enquête sur l'utilisation des déclencheurs culturels et sociolinguistiques connus dans les comportements subconscients des personnes, dans les tâches relatives à l'usage d'un système de Reconnaissance Automatique de la Parole (RAP). Ils ont mené cette enquête sur des sujets aléatoires de diverses nationalités, pour tester les préférences au niveau des comportements sélectionnés.

Selon les chercheurs, le système RAP offre une excellente occasion d'étudier les questions culturelles lors de l'Interaction Homme-Machine (IHM). Cependant, on dispose de trop peu de données empiriques pour valider les modèles de RAP. Cette recherche s'intéresse principalement aux vastes questions fondamentales de savoir si le cadre des dimensions interculturelles peut s'appliquer directement au système de RAP. Leur recherche se base sur

le modèle des cinq dimensions culturelles d'Hofstede (1991), surtout un des facteurs (individualisme-collectivisme) comme une variable culturelle qui peut se mesurer entre les différentes nationalités dans le système de RAP.

La première méthode utilisée dans cette recherche était d'évaluer l'efficacité et l'exactitude de l'enquête initiale d'Hofstede, appliquée au domaine de la RAP, par le biais d'une expérience pour mesurer l'individualisme et le collectivisme, et enfin, pour comparer les données analysées. Ils ont finalement observé que l'application directe des méthodes existantes de l'étude Hofstede ne peut pas s'appliquer à l'analyse des dimensions interculturelles relatives à la RAP. Par conséquent, ils proposent un nouveau questionnaire pour l'enquête, contenant des questions pertinentes au contexte des technologies de RAP. Ce changement a permis d'obtenir des résultats significatifs. Il permet de mesurer les dimensions interculturelles de la RAP. Les résultats montrent que les cultures individualistes préfèrent l'aide automatisée. En revanche, les cultures collectivistes favorisent plus l'aide fournie par un agent humain. Ces résultats peuvent être examinés selon deux perspectives. Premièrement, la nature de la tâche a un impact sur le choix entre des agents réels en ligne et l'aide automatisée. Deuxièmement, la complexité de la tâche, la familiarité avec la technologie, l'acceptation de la technologie, les contraintes de temps, les préférences culturelles et la prise de décision ont également une influence.

Cette recherche apporte trois contributions. Tout d'abord, les auteurs ont soulevé de nouvelles questions au sujet d'IHM et ont été en mesure de répondre à certaines de ces questions profondes, notamment à savoir si l'individualisme ou le collectivisme affecte l'interaction des utilisateurs avec les systèmes de RAP. En outre, cette étude pourrait également s'étendre, en réalisant la même enquête dans les pays ciblés, pour prévenir la falsification de l'échantillonnage. Enfin, les résultats des deux comparaisons leur permettent de renforcer la compréhension de l'effet de la culture sur les préférences des utilisateurs lors de l'IHM en général et en particulier dans le cas de l'utilisation de la RAP.

Blanchard et al. (2008), présentent leurs travaux sur la construction d'une ontologie supérieure de la culture. Cette ontologie pourrait être utile pour traiter diverses questions culturelles lors de la conception d'un Système Tutoriel Intelligent (STI). Dans ce document,

ils décrivent leurs travaux préliminaires sur cette ontologie. Ils cherchent à identifier les principaux éléments à noter lorsque des questions culturelles sont prises en considération, sans avoir à souscrire à un cadre culturel représentationnel particulier. Dans cette recherche, ils travaillent au niveau conceptuel, c'est-à-dire que l'« identité » d'un concept est lié à des parties et des propriétés qui lui sont associées et pas nécessairement à son étiquette sémantique.

Leurs motivations de recherche sont variées. Tout d'abord, les sujets liés aux STI sont généralement sensibles à la culturelle. Ensuite, l'interaction entre personnes de cultures différentes augmente sans cesse. Leurs travaux de recherche s'intéressent au développement de Systèmes Tutoriels Culturellement Sensibles (STCS) capables de s'adapter aux cultures. L'objectif de cette recherche n'est pas de saisir directement les différences culturelles au cœur de leur ontologie supérieure, mais de saisir la structure essentielle de la culture et les éléments qui y sont liés, dans le but d'identifier et de recueillir les différences culturelles.

Selon eux, une ontologie supérieure de la culture permettra d'identifier les composants principaux devant être pris en considération pour traiter tout type de questions culturelles. Ainsi, leur ontologie supérieure veut éviter de s'appuyer sur un cadre unique de représentation culturelle. Leur travail se base sur la recherche de Mizoguchi (2003, 2004), qui a proposé une ontologie supérieure standard. Ce travail peut être considéré comme une extension du travail de Mizoguchi, pour mieux traiter les questions culturelles. Leur méthode consiste à examiner les références de différents domaines afin d'identifier les concepts de base liés à la culture. En outre, leur ontologie supérieure utilise le modèle cohérent de Mizoguchi, avec ses concepts déjà définis, dans le but de définir leurs propres concepts culturels.

Les chercheurs mentionnent également que les données culturelles sont les premiers éléments qu'ils veulent traiter, avec l'aide de leur ontologie supérieure, car les données culturelles sont inhérentes et essentielles à tout STCS. Ils présentent donc, dans leur recherche, la manière dont leur ontologie pourrait servir au développement d'un outil de création permettant à des auteurs de cultures différentes d'obtenir en collaboration des données culturelles pouvant être utilisées dans divers STCS.

En ce qui concerne leur contribution, les auteurs estiment que le travail pourrait s'appliquer dans n'importe quel domaine impliquant les interactions humaines interculturelles. Le domaine des affaires ou le tourisme sont des marchés potentiels pour les STCS. Les auteurs évoquent quelques limites à leur recherche. Les concepts actuels doivent d'abord être validés et affinés. De nouveaux concepts doivent aussi être identifiés afin de fournir un outil plus cohérent pour la modélisation culturelle. De plus, une certaine base de données spécifique n'est pas été considérée dans leur ontologie supérieure. Alors, dans le cadre d'une future recherche, les auteurs ont l'intention de se référer à cette base de données spécifique. Cette recherche ne mentionne cependant pas l'intérêt des STCS dans le cadre d'activités de coopération interculturelle, tel que l'apprentissage coopératif.

Munro et al. (2002) soulèvent la question des facteurs culturels influençant l'efficacité du développement et l'utilisation globale de systèmes d'aide à la décision (SIAD). Les SIAD jouent un rôle essentiel dans le succès ou l'échec d'une organisation. Toutefois, il est difficile de développer un SIAD qui joue un rôle important dans le processus de prise de décision. Les auteurs mentionnent, entre autres, certaines considérations de conception, ainsi que les subtilités de la dimension globale. Un facteur important de ce problème se situe au niveau des différences entre les gestionnaires dans leur manière de prendre des décisions, de traiter des informations et d'entretenir des préjugés. Ils soutiennent qu'il est absolument essentiel que la culture soit considérée dans ce processus de développement. Les auteurs font des recommandations à ces organisations concernant la manipulation des facteurs culturels dans leur SIAD, à la fois selon la perspective de la gestion et la perspective technique.

Du côté de la gestion, les organisations doivent veiller à ce que leurs processus d'affaires liés aux SIAD soient sensibles aux facteurs culturels. Cette considération peut inclure, notamment, une analyse de coûts versus bénéfices de la gestion du traitement des différences culturelles. Ces analyses peuvent conduire au rejet du système de certaines cultures. Du point de vue technique, les gestionnaires de SIAD ont besoin d'accroître leur connaissance des facteurs culturels, dans la conception de SIAD globaux. Les concepteurs des interfaces utilisateurs auront besoin de considérer le degré de neutralité culturelle entre les différentes options d'interfaces.

De plus, les auteurs expliquent que l'anthropologie cognitive nous apprend que la manière dont les individus catégorisent ou regroupent les informations est influencée par leur culture. Par conséquent, une sensibilité culturelle à la conception de l'affichage à l'écran existe. Le résultat de l'interaction des facteurs ayant un impact lors de la prise de décision est résumé dans la Figure 3.2. Une mauvaise combinaison entre la culture et l'interface d'utilisateur peut résulter de l'insatisfaction de l'utilisateur du système ou de la prise de mauvaise décision.

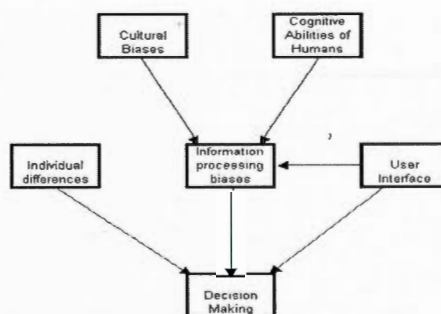


Figure 3.2 Facteurs ayant un impact sur la prise de décision (Munro et al. 2002)

Le rôle de la sous-traitance et le rôle de l'internet sont également brièvement abordés dans cette recherche. L'internet a fourni un ensemble de protocoles techniques, résultant du fait qu'il est devenu la zone ayant eu la plus rapide croissance, parmi les systèmes globaux. Cela favorise deux tendances convergentes : la tendance de fournir aux consommateurs des SIAD pour les aider dans leur choix de produits d'une entreprise, et la tendance d'amener les systèmes informatiques à utiliser l'internet comme interface de premier plan. Enfin, les auteurs donnent des recommandations et des applications pour ces SIAD globaux. La théorie de traitement de l'information souligne l'existence de la prise de décision biaisée. Peu de travaux ont été faits sur la dimension culturelle de ces préjugés. Par conséquent, beaucoup de recherches doivent être réalisées dans ces domaines où il existe des préjugés culturels dans la prise de décision.

Tung et al. (2002) présentent une étude dans laquelle ils proposent de nombreuses suggestions spécifiques pour les facilitateurs, les concepteurs de Groupe de Systèmes de Soutien (GSS) et les chercheurs travaillant avec des groupes de différentes cultures. Les

objectifs de cette étude sont : 1) d'établir un plan de recherche qui inclue des GSS impliquant les cultures; 2) d'établir une représentation de ce que signifient tous ces cas, et quelle voie devraient prendre les recherches pour la décennie à venir.

Aujourd'hui, le «support» provenant de GSS est de plus en plus destiné à des groupes diversifiés culturellement. La culture devient un facteur dominant lorsqu'un groupe de personnes interagit, que ce soit dans le cadre du commerce international, d'un groupe de décision, ou d'une négociation internationale. En dépit de cette importance, aucune recherche consacrée aux GSS ne traite de l'identification des lacunes actuelles et des possibilités de l'interaction interculturelle dans les GSS. Selon les auteurs, non seulement les recherches traitant de GSS et des cultures sont rares dans la littérature, mais elles ne couvrent pas l'ensemble des cultures. Ainsi, Tung et al. proposent un résumé des recherches sur les GSS impliquant la culture. Dans ce document, ils étudient la culture et son impact sur le groupe de décision utilisant un GSS. Ils présentent les études sur les GSS, où la culture a été amplement utilisée, d'une manière objective avec une classification en fonction de six catégories : le type de recherche, la technologie de GSS utilisée, les variables indépendantes, les variables dépendantes, l'utilisation de la culture et les résultats.

Les auteurs observent également que, en fonction de la culture des participants, l'utilisation équivalente de GSS peut produire différents résultats et perceptions. De plus, ils illustrent, en utilisant les résultats d'une enquête comparative de GSS interculturel, comment certaines différences culturelles peuvent être expliquées en utilisant les dimensions d'Hofstede (1991) (Voir la section 2.2.1). Tung et al. ont présenté une étude comparative de deux cultures; occidentale et l'asiatique, représentées respectivement par l'Australie et Singapour, en fonction des dimensions d'Hofstede, dans le contexte de génération et de gestion de conflits de groupe. Cette étude de cas est très significative principalement pour deux raisons. Premièrement, elle adopte une approche systématique pour étudier l'impact de la Conférence Décisionnelle (CD) dans les conflits de groupe. Deuxièmement, elle considère deux tâches, augmentant ainsi la possibilité de généraliser le résultat.

Les chercheurs présentent aussi les implications de l'impact de la culture sur les recherches, pour la prochaine décennie, traitant de GSS. Il apparaît de plus en plus important,

pour les chercheurs et les praticiens, de savoir comment des groupes diversifiés, de différentes cultures et nationalités, peuvent être encouragés à travailler ensemble plus efficacement et de manière satisfaisante. Les auteurs mentionnent que les groupes ou les équipes interculturels existent dans des organisations de toute taille et tout type. Dans leurs recherches futures, le défi est de savoir comment nous pouvons comprendre et bénéficier des différences de culture entre les participants de groupe, lors des activités de celui-ci, comme pour la prise de décision en groupe, qui sont soutenus par les technologies de groupe.

Mohammed et al. (2008) élaborent une recherche sur la culture des Caraïbes. Le but de cette étude est d'aider les étudiants des Caraïbes à apprendre un langage informatique. Ils conçoivent un logiciel d'apprentissage comme un jeu, le jeu de l'éducation, appelé «Trinbago Adventures», cible les étudiants universitaires d'origine caribéenne, inscrits au programme d'informatique à l'université. Ce jeu montre une personne des Caraïbes conduisant une voiture à la ville et rencontrant plusieurs problèmes sur la route. En jouant ce jeu pour résoudre les problèmes de ce conducteur, les étudiants peuvent apprendre le langage informatique avec efficacité et intérêt. De plus, en fonction de leur niveau de connaissance du langage informatique, les étudiants peuvent modifier le niveau de difficulté du jeu pour aider leur apprentissage.

Johnson (2008) et son équipe, ont présenté leurs recherches au sujet du système TLCTS (Tactical Language and Culture Training System). Une version de ce système a été utilisée, avec succès, par l'armée américaine pour enseigner aux soldats certains principes de base de la langue et de la culture arabes, avant de les envoyer en Iraq. Le TLCTS a été développé comme un jeu sérieux en 3D fournissant des situations d'apprentissage aux utilisateurs en les confrontant avec des agents pédagogiques personnifiés qui peuvent à la fois exprimer les gestes culturels et «comprendre» une langue étrangère spécifique dans un environnement culturel en 3D. Ce logiciel offre aux apprenants un environnement intéressant, une interface vivante et un apprentissage efficace.

Da Silva Bello Flores et al. (2008) utilisent une approche multidisciplinaire pour créer des interfaces socioculturelles pour les systèmes d'apprentissage électronique. Les interfaces s'adaptent selon les préférences des utilisateurs brésiliens. Généralement, les interfaces sont

problématiques pour les brésiliens, qui ont une compréhension et une interprétation différentes, tel que la langue, les métaphores, les symboles et les couleurs. La recherche met en évidence les facteurs culturels à prendre en compte pour le développement des interfaces. Le but de son étude est d'adapter les interfaces selon les caractéristiques culturelles brésiliennes, afin d'aider les étudiants brésiliens à mieux utiliser les systèmes d'apprentissage électroniques.

Les travaux d'Allard et al. (2008), consistent en une recherche visant à définir, dans une ontologie, les connaissances des différences culturelles et l'influence inter-linguistique dans le contexte de l'apprentissage des langues assisté par ordinateur (CALL- Computer Assisted Language Learning). Ils offrent un bref aperçu du lien entre la culture et l'apprentissage des langues étrangères. Ils donnent l'exemple des Japonais apprenant l'anglais. Le discours en anglais des Japonais est problématique pour des anglophones, même si les locuteurs Japonais connaissent très bien la grammaire anglaise, à cause de la différence culturelle. Il en ressort que notre culture peut nous nuire et nous influencer lors de l'apprentissage d'une nouvelle culture ou d'une nouvelle langue. Pour résoudre ce problème, les auteurs cherchent à produire une ontologie, rendant explicite les concepts et la structure du domaine.

3.3 Système expert et culture

Dans cette section, nous faisons la revue de la littérature portant sur les recherches combinant ensemble les systèmes experts (SE) et la culture. Comme le sujet de la correspondance d'adresse civiques a rarement été couvert par le domaine des SE, Wu et al. (2010) s'y intéressent donc. La correspondance d'adresses est la fonction permettant de convertir la description de l'adresse textuelle en un emplacement sur une carte. Toutefois, la correspondance à l'adresse est compliquée par les différents formats d'adresses pouvant être enregistrées, en tenant compte également des habitudes culturelles et des erreurs humaines. Les auteurs discutent comment interpréter correctement les adresses textuelles écrites : l'intelligence humaine serait nécessaire pour traiter les habitudes culturelles, les ambiguïtés et les erreurs. Ils expliquent deux points essentiels de la correspondance à l'adresse : 1) trouver le segment central linéaire de la rue; et 2) effectuer le rapport de la division pour extrapoler l'emplacement potentiel du segment de rue. La recherche présente également le cadre dans

lequel un SE est utilisé pour traiter par lots une grande collection d'adresses et les traiter de manière interactive pour ré-apparier des adresses non appariées, en utilisant le SE pour aider à trouver manuellement des erreurs afin de prendre des décisions pour corriger les adresses non appariées. Ce SE est souvent intégré dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG), en raison de la nécessité de faire correspondre des adresses dans les projets de SIG à vocation commerciale. Cette recherche met en relief la nature multidisciplinaire des applications de SIG. C'est une tâche utile fréquemment appliquée pour cartographier des communautés afin d'analyser la situation d'un marché et d'identifier également des opportunités du marché.

Brenner (2000) se concentre sur la culture comme une cause importante lors d'échecs dans le cadre de relations d'affaires internationales, et sur la nécessité de reconnaître ce fait, en premier lieu. L'auteur a détecté un besoin pour des outils qui permettraient aux utilisateurs de structurer l'approche éthique des affaires et qui pourraient les informer des principes d'éthique et les encourager à évaluer attentivement la pertinence éthique à propos d'un plan d'action donné. Il propose une nouvelle approche pour améliorer la qualité éthique des affaires, lors d'une prise de décision, par l'utilisation du SE d'Éthique en Affaires (SEEA). Ce SEEA joue un rôle important lors de la formation en éthique et dans les outils de prise de décision. Il peut améliorer potentiellement la qualité de la prise de décision éthique, à la fois grâce à des capacités de traitement pouvant contribuer au processus d'évaluation et aux capacités de stocker et d'accéder aux informations détaillées pouvant être mises à la disposition des utilisateurs dès qu'elles deviennent pertinentes.

Le système dans cette recherche représente un outil d'une grande valeur pour améliorer les normes éthiques dans les affaires. Celui-ci peut aider les personnes d'affaires à examiner toutes les questions pertinentes afin d'évaluer les implications éthiques des décisions potentielles. L'information de base qu'il fournit sur des principes éthiques donne aux gens d'affaires l'occasion d'en apprendre davantage sur des concepts abstraits par le biais de leurs propres exemples concrets. Le programme de formation éthique donné aux gens d'affaires fournit une compréhension de base, des principes de base, des jugements éthiques afin d'acquérir la plupart des compétences nécessaires pour faire face aux dilemmes éthiques auxquels ils sont confrontés dans leur travail. La recherche s'intéresse plus particulièrement à

l'utilisation d'un SEEA par des gens d'affaires impliqués dans des interactions commerciales interculturelles. Puisque les hommes d'affaires peuvent provenir de différentes cultures, et se basent sur des principes différents pour d'évaluer la qualité éthique d'une marche à suivre, ce système serait utile afin de fournir une orientation dans le processus d'évaluation éthiques, lorsque ce système est conçu dans le cadre d'une autre culture.

Aiken et al. (1997), ont développé un simulateur employant une combinaison de systèmes experts et de techniques de réseaux de neurones. Le modèle du simulateur se compose de quatre éléments distincts : trois systèmes experts et un réseau de neurones. Ils l'ont nommé le «réseau neuronal expert» ou le «réseaux d'experts». Cette combinaison synergique crée un système potentiel de modélisation capable d'exécuter à la fois le raisonnement inductif et déductif, tout en dévoilant des étapes intermédiaires à l'utilisateur. Les parties qui nous intéressent plus particulièrement dans cette recherche sont les composants des trois systèmes experts, étiquetés comme l'expert de la politique et de la culture, l'expert de la logistique et l'expert des finances. Ces trois composants ont été développés en utilisant une coquille populaire de SE-Exsys. L'expert de la politique et de la culture intègre les cinq dimensions culturelles d'Hofstede (1993). Bien que le système a initialement été conçu sur une plate-forme IBM compatible, les chercheurs planifiaient de transposer le simulateur sur un réseau Netra-J de Sun Microsystems.

Nonnenmacher (2004) décrit son approche expérimentale du SE pour appuyer son analyse de la structure d'une crise multilatérale. L'auteur explique que des informations, accessibles notamment dans les domaines multiculturels et multi-ethniques et qui doivent être transformés en connaissances significatives pour la prise de décision pertinente, consistent en une quantité affluente de bits non structurés et de morceaux de données. L'objectif de cette étude est de savoir comment transformer certaines données politiques ou économiques, des données de cultures différentes et les données de différents systèmes de valeurs, de différentes sociétés en connaissances utiles et pertinentes pour en arriver à des décisions. Le SE dont il est question dans cet article a été conçu pour appuyer le processus de transformation, en aidant à structurer et à formaliser les données disponibles et pour tirer des conclusions pertinentes aux décisions en appliquant un ensemble d'inférences compréhensibles et prédéfinis et de règles de décision. Une version prototype du système a

été mise en œuvre en Prolog basé sur la logique de descriptions et de prédicats, permettant de décrire des chaînes d'énoncés «SI-ALORS». Ce prototype permet l'application de règles récursives et l'ajout de nouvelles règles dynamiquement.

3.4 Méthodes de recherche utilisées

Nous savons que donner une définition à une culture est très difficile et que c'est encore plus difficile d'exprimer une culture en langage informatique. Sachant qu'un ordinateur est simplement une machine, comment pouvons-nous le faire?

Nous présentons, dans cette section, différentes méthodes utilisées dans des travaux de recherche pour exprimer la culture dans un système doté d'intelligence artificielle. Pour la plupart des chercheurs œuvrant à l'intégration de l'aspect culturel dans les logiciels, la définition d'Hofstede (1991) est très importante, car elle sert de fondement et de ligne directrice. La définition contient cinq dimensions principales associées à la culture, étant à l'image de problèmes fondamentaux auxquels toute société doit faire face. Par exemple, Stewart et al. (2008), ont réalisé une enquête sur l'utilisation des déclencheurs culturels et sociolinguistiques, et Tung et al. (2002, Voir la section 3.2) ainsi que Aiken et al. (1997, Voir la section 3.3), ont travaillé avec des méthodes de recherche entièrement basées sur l'étude d'Hofstede.

En premier, la méthode d'ingénierie ontologique peut être utile pour exprimer les notions culturelles en informatique. Le terme «ontologie» est largement utilisé en science informatique de nos jours et la compréhension d'une ontologie peut varier en fonction de ses applications. La définition la plus connue d'«ontologie» est celle de Gruber (1993), qui la définit comme suit: «une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation». Avec les résultats obtenus dans les recherches précédentes, nous savons que l'ontologie est une bonne façon de décrire la culture, afin de permettre de mieux l'implanter la culture en informatique. Dans l'article de Da Silva Bello Flores (2008), la méthode utilisée est basée sur l'acquisition de connaissances au sujet des préférences des utilisateurs. Ainsi, elle permettrait d'obtenir une base conceptuelle, à partir de laquelle nous pourrions modéliser et développer une ontologie qui permet de suivre les profils socioculturels des utilisateurs. L'auteur

explique que l'un des langages de représentation d'ontologie est le Web Ontology Language (OWL). Dans sa recherche, elle a choisi de travailler avec l'OWL-DL (Description Logics), parce que l'OWL permet la description de l'ontologie, et l'OWL-DL suffit pour représenter formellement la connaissance du domaine, en particulier pour imposer des restrictions à l'utilisation des ressources.

Mais l'ontologie n'est pas la seule méthode pour exprimer la culture. Johnson et al. (2008) ont étudié l'intérêt interculturel d'utiliser une stratégie d'interaction entre les agents pédagogiques et des étudiants américains. Chad Lane et al. (2008) considèrent l'utilisation d'humains virtuels et d'un STI pour l'enseignement de conventions culturelles sociales. La recherche de Mohammed et al. (2008) n'a pas touché à l'ontologie non plus. Les éléments qui composent l'architecture des jeux et des activités, ainsi que les stratégies employées, adaptées à la culture des Caraïbes, pour motiver l'apprentissage contribuent à l'expérience d'apprentissage, lors de l'utilisation. Cette recherche ne contient pas de définition claire de la culture, et les auteurs n'ont pas précisé quel type de méthode spécifique a été utilisé dans leur recherche.

3.5 Conclusion

Nous avons étudié plusieurs articles traitant de recherches abordant l'aspect culturel dans le domaine de l'IA et nous les avons résumées dans cette section. Ces recherches nous ont apporté une bonne vue d'ensemble des connaissances académiques portant sur la combinaison de l'aspect culturel et l'IA. Nous avons analysé ces travaux en fonction de plusieurs points, soit l'aspect culturel intégré dans ces systèmes, les problématiques, les limites et les recherches futures. Nous avons observé que, généralement, par le passé, lors de la conception de logiciels, le facteur culturel était toujours ignoré. L'ensemble de ces recherches se contente de parler de la façon de «considérer» l'influence de l'aspect culture dans le domaine de l'IA. Au sujet de la culture elle-même, il n'existe pas de bonne ou de mauvaise culture, et les cultures différentes peuvent donner différents résultats aux chercheurs. Nous pouvons donc dire que la culture présente une manière de distinguer les différences entre les uns et les autres. Les chercheurs sont intéressés à l'IA en raison d'une fascination pour la nature de l'expérience humaine dans le monde. Ces chercheurs ont trouvé

plusieurs façons d'intégrer leur expérience de la culture dans les pratiques scientifiques et les techniques d'IA.

En ce qui concerne la question de l'intégration de l'IA et des études culturelles poursuivie dans cette thèse, nous avons cependant remarqué que l'« Apprentissage » des cultures est la principale tendance dans le domaine de l'IA. Cette tendance est bien représentée par l'étude de Blanchard et al. (2008). Ces chercheurs essaient de présenter tous les concepts culturels et de les décrire à un niveau très élevé, de façon à aider les chercheurs et les utilisateurs à en apprendre plus sur les cultures, d'une façon plus approfondie et plus large. Pour éviter ce genre d'apprentissage dans le domaine de culture, nous pensons qu'il faut appliquer les concepts de l'IC au domaine d'IA pour développer des systèmes d'IA considérant un contexte culturel plus large. L'IC est considéré comme une forme particulière d'intelligence portée sur la capacité d'un individu de saisir et de raisonner correctement dans des situations caractérisées par la diversité culturelle, et nous n'avons encore trouvé aucune recherche qui fasse un lien entre l'IC et l'IA. Malgré cette limite, cette revue de la littérature d'IA, abordant l'aspect culturel, nous fournit une vision beaucoup plus claire relativement à notre propre recherche dans la conception d'un système intelligent de l'IC, visant ainsi à pallier cette lacune des recherches précédentes.

CHAPITRE IV

MODÉLISATION DE L'INTELLIGENCE CULTURELLE

4.1 Introduction

Après la description de la problématique liée à l'IC dans les chapitres II et III, ce chapitre représente la partie essentielle de notre recherche. Nous y détaillons la modélisation computationnelle de l'IC comme solution à la problématique décrite. Cette modélisation comporte deux grandes parties : 1) l'analyse des théories et des techniques utiles; et 2) la conception du modèle d'IC proprement dit. La deuxième partie est essentielle car les aspects les plus importants à représenter y sont soulignés. Le modèle décrit ici, d'une façon abstraite, la solution proposée pour résoudre les problèmes liés au domaine de l'IC. Il est suivi d'un plan de réalisation d'un système intelligent qui l'utilise comme noyau. Dans les sept sections qui vont suivre, nous expliquons tout d'abord le modèle conceptuel qui constitue le cadre théorique à respecter pour concevoir notre modèle computationnel d'IC. En second lieu, nous décrivons les éléments fondamentaux du modèle d'IC (MIC). Nous expliquons les principes et les étapes de notre déploiement du processus de modélisation. Troisièmement, nous présentons le modèle cognitif de l'IC et ses relations sémantiques. Quatrièmement, nous élaborons et justifions les techniques qui ont été sélectionnées pour concevoir le modèle computationnel. Cinquièmement, nous dévoilons comment collecter des données pour mesurer le niveau de l'IC en utilisant des questionnaires existants. Nous exposons également les domaines d'applications pratiques pouvant bénéficier de la mesure efficace de l'IC à partir de ces questionnaires. Sixièmement, nous expliquons en détail l'usage des techniques choisies pour créer notre modèle computationnel. Enfin, nous expliquons l'effet de l'application de ces techniques dans le modèle computationnel.

4.2 Analyse des théories de l'IC

Il est primordial de s'assurer de la fiabilité de l'information concernant la nature du problème et les objectifs de la recherche. Cette section consiste donc, à cerner l'essence de la problématique de la recherche et à identifier les caractéristiques pertinentes de l'IC. Une analyse précise des théories de l'IC bien réalisée dans cette section permet d'identifier les faiblesses des théories, les améliorations et les nouveautés que nous pouvons y apporter, ainsi que de définir les éléments fondamentaux du modèle à concevoir.

Nous sélectionnons premièrement la littérature proposant des éléments susceptibles de nous aider à résoudre nos problèmes de recherche et nous trouvons les points communs entre les différentes théories proposées. Ensuite, nous analysons ces points communs et trouvons les relations entre eux. Cette façon de faire nous facilite le travail pour la sélection et la détermination des éléments essentiels du modèle à concevoir, pour nous soutenir dans la recherche de solutions à notre problématique. Enfin, le monde réel n'ayant pas de phénomène existant dans l'isolement, il faut toujours s'assurer que notre modèle soit dynamique, complet et capable de se développer et de faire des associations entre ses éléments. Nous devons donc considérer, dans le modèle, les éléments à prendre en compte à tous les niveaux, ainsi que les interactions qui y prévalent. Nous avons besoin, à cette étape, d'intégrer le point de vue des études antérieures et d'établir un nouveau cadre théorique pour notre recherche.

4.2.1 Analyse des éléments importants du concept de l'IC

Différents chercheurs ont différentes opinions au sujet du concept de l'IC et de sa structure. Jusqu'à présent, parmi les chercheurs présents dans ce domaine, citons Christopher Earley et al. (2003, 2004, 2008), Peterson (2004) et Thomas (2005, 2006), qui ont développé leurs propres structures de dimensions de l'IC. Il existe donc des différences dans la compréhension de l'IC. Nous allons nous en inspirer et intégrer les résultats précédents et essayer d'atteindre un cadre théorique qui peut être universellement accepté dans notre recherche. Nous analysons et expliquons, dans cette section, comment nous déterminons les éléments importants de l'IC et leurs relations implicites.

Dans le passé, les études sur la culture se sont concentrées sur deux formes : objective et subjective. Les points communs entre les différentes théories se concentrent sur la culture subjective, qui se définirait à l'intérieur d'une société (Triandis, 1972). La culture subjective réfère aux facteurs cachés et psychologiques, notamment les valeurs, les croyances, les normes et les hypothèses (Leung et al., 2008; Triandis, 1972). Elle est composée des systèmes juridiques, politiques, éducationnels et économiques, ainsi que des coutumes sociales, de la langue, du mariage, des relations de parenté, de la philosophie, de la religion et des arts. La culture objective se décrit par ce que nous pouvons voir. Elle intègre des artefacts, tels que la nourriture, les vêtements, les maisons, les routes, les machines et les outils.

Ces dernières années, des études ont porté plutôt sur la façon d'améliorer la capacité des personnes à s'adapter aux différents environnements culturels. L'IC est le type de capacité qu'une personne ou une organisation devrait avoir pour améliorer son adaptabilité à une nouvelle culture et résoudre efficacement les problèmes de conflit culturel. Ainsi, nous étudions tout d'abord la culture. Comprendre la culture, les cadres culturels et de leurs composants fournit un point de départ utile pour un stéréotype culturel et des interactions interculturelles sensées (Osland et al., 2000). Cependant, l'orientation culturelle est influencée par le contexte (Leung et al., 2005). Les caractéristiques d'une situation particulière peuvent faire ressortir certaines valeurs culturelles plus que d'autres. Les individus doivent donc s'adapter à ces variations interculturelles (Hong et al., 2000; Molinsky, 2007). En conséquence, plutôt que de s'appuyer sur des stéréotypes culturels, il est plus important d'être conscient de la dynamique associée à la culture lors de chaque rencontre interculturelle.

Nous nous sommes également documenté au sujet des études sur l'intelligence. Sternberg et Detterman (1986) illustrent l'intelligence comme un cadre d'intégration de l'intelligence mentale englobant des capacités métacognitives et cognitives, l'intelligence motivationnelle, et l'intelligence comportementale. Selon l'étude de Sternberg et Detterman à propos des quatre dimensions de l'intelligence classique, les intelligences spécifiques, comme l'IC, devaient également inclure ces quatre dimensions. L'IC est conceptualisée comme une forme d'intelligence spécifique se concentrant sur la capacité d'un individu de saisir et de raisonner correctement dans des situations caractérisées par la diversité culturelle (Ang et al.,

2008). Nous croyons que les diverses structures de l'IC devraient toutes être considérées collectivement afin d'intégrer les éléments nécessaires des connaissances culturelles acquises. La multi-dimensionnalité du concept de l'IC suit généralement la division en quatre dimensions distinctes, telles qu'identifiées par Earley et Ang (2003), Ang et al. (2008, 2010). Elle permet de prédire l'impact de ces dimensions différentes de l'IC sur les résultats en termes d'efficacité interculturelle. Il s'agit des dimensions métacognitive, cognitive, motivationnelle et comportementale. Par conséquent, nous avons construit un modèle fondamental de l'IC en nous appuyant sur la structure à quatre dimensions d'Ang et Van Dyne (2008, 2010). Leur étude représente d'ailleurs la vue d'ensemble la plus complète relativement aux différents aspects des recherches en IC.

Ces quatre dimensions, selon les auteurs, sont la meilleure conceptualisation d'un ensemble multidimensionnel des différentes capacités qui forment l'IC (Ang et Van Dyne, 2008). Nous choisissons ces quatre dimensions parce qu'elles illustrent les capacités essentielles qui peuvent aider à évaluer le niveau de l'IC des individus et à bien définir un problème faisant appel à l'IC, afin d'aider ces individus à prendre des décisions et à surmonter les défis culturels en milieu de travail et de rendre l'exécution de leurs tâches plus efficace. Nous donnons, ici, des explications brèves pour chacune de ces dimensions (Voir la section 2.4.2 pour plus de détails), qui sont considérées comme quatre mesures clés dans notre modèle de l'IC.

L'IC métacognitive est une dimension essentielle pour les raisons suivantes, telles que mentionnées dans les recherches de Ang et al. (2010) : tout d'abord, elle favorise la réflexion active sur des personnes et des situations dans différents contextes culturels; ensuite, elle initialise la remise en question active à la dépendance rigide de la pensée culturellement délimitée et des hypothèses; troisièmement, elle entraîne les individus et les organisations à s'adapter et à réviser leurs stratégies, afin qu'ils soient plus adaptés à la culture et plus susceptibles d'atteindre les résultats souhaités dans les rencontres interculturelles. En permettant aux utilisateurs d'aller au-delà des stéréotypes culturels et de savoir quand et comment appliquer leurs connaissances culturelles, cette connaissance sur les valeurs et généralités culturelles fournissent un point de départ important pour interagir avec les autres. Les personnes ayant un niveau d'IC métacognitive élevée sont conscientes des

caractéristiques individuelles uniques, telles que la diversité au sein de la culture et l'influence du contexte sur le comportement. Il s'agit d'une capacité mentale d'ordre supérieur permettant de réfléchir à propos des processus de pensée individuelle et d'ajuster en conséquence les modèles mentaux. Elle joue un rôle important dans notre modèle en tant que premier élément à mesurer.

L'IC cognitive est la seconde dimension à mesurer dans le modèle. Elle souligne la connaissance des valeurs culturelles et les orientations. L'IC cognitive aide les personnes à développer des schémas culturels plus complexes des interactions sociales. Les personnes ayant un haut niveau d'IC cognitive sont en mesure de mieux comprendre les questions clés, d'élaborer des explications appropriées des différences dans les comportements, d'être conscients de la façon d'adapter leur propre comportement en fonction de la situation et, par conséquent, d'interagir plus efficacement avec des personnes d'une société culturellement différente.

L'IC motivationnelle est essentielle pour donner la volonté nécessaire aux personnes afin de persister dans les interactions interculturelles. Nous considérons cette dimension comme notre troisième élément à mesurer dans le modèle. Les personnes avec un haut niveau d'IC motivationnelle sont plus susceptibles de diriger leur énergie dans l'apprentissage et la compréhension des différences culturelles. Ils sont plus susceptibles de persister et de mettre en pratique de nouveaux comportements, même dans des situations présentant des défis. La persistance offre davantage de possibilités d'obtenir des commentaires, et par conséquent, avec la pratique, d'améliorer les performances.

L'IC comportementale est la quatrième dimension à mesurer dans notre modèle. Elle permet aux personnes d'adopter les comportements appropriés. Des interactions interculturelles efficaces requièrent non seulement des compétences dans le langage verbal, mais aussi dans les comportements non verbaux, comme les gestes et les émotions affichées. Les personnes ayant un niveau élevé d'IC comportementale possèdent un vaste répertoire de comportements verbaux et non verbaux, et sont capables de s'adapter et d'afficher les comportements appropriés en conséquence.

4.2.2 Élaboration de notre modèle conceptuel

Avant d'énoncer notre propre théorie pour enrichir les théories dans le domaine de l'IC, nous avons exploré les théories existantes de l'intelligence et la littérature traitant des interactions interculturelles. En se basant sur ces efforts, nous avons développé une théorie que nous allons appliquer pour développer le modèle computationnel de l'IC.

Selon Earley et Ang, (2003), les quatre dimensions de l'IC peuvent avoir ou ne pas avoir de corrélation entre elles. De plus, pour le jugement culturel et la prise de décision (JCPD, voir la section 2.4.4.4), Ang et al. (2007) ne pensent pas qu'il y ait de relation entre l'efficacité du JCPD et l'IC motivationnelle puis l'IC comportementale. Ils expliquent cela en affirmant que le processus d'analyse impliqué dans le raisonnement, à propos des questions culturelles, ne souligne pas la capacité de canaliser l'énergie ou d'afficher des comportements appropriés. Cependant, parmi les différents processus de prise de décision suggérés dans la littérature, la recherche de Noubel (2004) présente un tel processus en 4 étapes (Voir la section 2.5). Les premières trois étapes (*Réflexion, Formulation des options et Sélection d'une option finale*) concernent la motivation dans un processus de prise de décision, et la 4^e étape représente l'action (comportement) de la réalisation des décisions prises.

Un autre processus de prise de décision, celui de Güss (2004), fait état de 12 étapes (Voir la section 2.5). Les sept premières étapes touchent aussi la motivation, et les cinq dernières étapes sont en lien avec l'action. Étant donné que le but de notre modèle est d'évaluer les utilisateurs et, ensuite, de les aider à prendre des décisions relatives à des activités interculturelles, il faut premièrement développer le modèle en tenant compte du processus décisionnel afin de bien définir et évaluer les problèmes d'IC, pour les résoudre et prendre les décisions requises. Deuxièmement, il faut considérer la corrélation entre les quatre dimensions et tenir pleinement compte de leur intégrité (Voir la Figure 4.1). Si Sternberg et al. (1986) font la corrélation entre les quatre dimensions de l'intelligence dans leur étude, il ne faut pas perdre de vue que l'IC est une autre forme complémentaire de l'intelligence, ce qui pourrait être étudié dans le cadre d'une recherche sur la cohérence d'intelligences différentes. Toutefois, il ne faut pas oublier de considérer aussi les quatre dimensions de l'IC comme un entier à cause de leur interdépendance. Nous présentons donc

l'IC dans son ensemble comme un construit agrégat multidimensionnel : 1) des dimensions au même niveau de conceptualisation que l'ensemble du construit; et 2) des dimensions formant l'ensemble de ce construit. En somme, nous déclarons comme théorie cognitive dans notre recherche que l'IC métacognitive, l'IC cognitive, l'IC motivationnelle et l'IC comportementale sont les quatre construits interdépendants composants l'ensemble de l'IC.

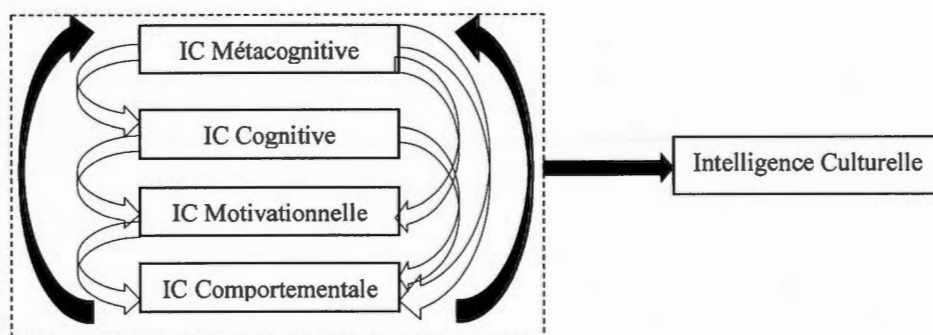


Figure 4.1 Modèle conceptuel de l'IC (Wu et al., 2012)

Ce modèle s'inspire de la recherche de Brisling et al. (2006) qui propose un processus cyclique d'évaluation de l'IC des individus et des organisations en quatre étapes, respectant le lien entre les quatre dimensions : 1) observer les comportements dans une culture différente; 2) comprendre des raisons de ces comportements; 3) considérer les implications et les associations émotionnelles provenant de ce comportement; 4) transférer des nouvelles connaissances acquises à d'autres comportements et situations. Du point de vue du développement de notre modèle, nous pensons qu'il est nécessaire d'avoir à considérer les quatre dimensions de l'IC ensemble comme une entité et de les intégrer dans notre modèle, de manière à respecter le processus de prise de décision (Voir la section 2.5). Ce processus nous permet d'identifier les éléments globaux de l'IC. Nous pouvons donc les appliquer dans notre modèle comme un tout, peu importe si ces dimensions sont des variables de décision ou d'autres paramètres mesurables. Dans ce processus, nous adoptons une approche holistique qui vise à ne pas réduire le modèle à ses composants individuels.

4.3 Éléments fondamentaux du modèle computationnel

Nous proposons un modèle computationnel de l'IC (MIC) construit sur les bases de connaissances d'IC, appliquant notre théorie, pour évaluer précisément les utilisateurs et les aider à prendre de bonnes décisions relativement à la gestion des différences culturelles. Concevoir un tel modèle demeure un grand défi. La conception correspond à la mise au point d'une solution au problème de l'IC. Cette conception dépend essentiellement du processus de la modélisation et du développement du modèle. Pour bâtir un modèle clair et explicite, pour s'assurer que ce modèle réponde aux spécifications déterminées et pour éventuellement passer du modèle à l'implémentation du système intelligent, l'architecture et les fonctions doivent permettre à la transformation de se produire et aux fonctionnalités de se produire.

4.3.1 Services attendus

Le MIC est une description abstraite du réel. Dans notre cas, il s'agit d'une représentation simplifiée permettant de comprendre le concept de l'IC et de résoudre les conflits dans les activités interculturelles. Le modèle représente les informations et les solutions plus importantes que nous allons transformer plus tard avec le système intelligent. Ce modèle «filtre» les détails de l'information non essentiels. Les objectifs de conception de notre modèle doivent intégrer les six avantages recherchés suivants :

- 1) évaluer l'IC des utilisateurs en fonction de l'amélioration de leur adaptabilité dans le cadre de tâches ou de problèmes interculturels.
- 2) aider les utilisateurs à prendre des décisions basées sur les résultats des évaluations.
- 3) s'adapter dynamiquement à des demandes spécifiques quant aux rôles et aux capacités d'IC des utilisateurs, c'est-à-dire, qu'il doit être lui-même capable d'auto-adaptation et d'auto-apprentissage dans le but de résoudre des problèmes difficiles nécessitant une expertise humaine dans le domaine de l'IC.
- 4) offrir une interface programmable (API) afin de faciliter son intégration dans diverses applications.

- 5) être extensible autant au niveau de son contenu que de ses structures internes pour permettre son usage externe dans un contexte différent. Au niveau du concept, cela fait référence à l'amélioration et l'augmentation de la capacité de l'environnement de développement du modèle. Il permet l'ajout de ressources dans le but d'augmenter ses fonctionnalités dans un même module ou d'ajouter d'autres fonctions dans le modèle, par exemple, en passant de la version académique³ (l'objectif de cette recherche) à une version commerciale. Au niveau externe, notre modèle a la capacité de s'adapter dynamiquement à des changements et à des demandes spécifiques des utilisateurs quant à leur rôle et leur capacité d'IC, afin de répondre à leurs exigences.
- 6) se concentrer sur une seule culture ou un seul pays, lorsque les utilisateurs ou les organisations le demandent, dans le but de les aider à prendre des décisions.
- 7) s'intégrer à n'importe quel système intelligent existant, permettant ainsi à ce système de devenir culturellement intelligent.

4.3.2 Étapes de conception du modèle computationnel

Pour atteindre nos objectifs, nous expliquons les étapes de réalisation du MIC, afin de formaliser le problème, de définir le cadre de développement et de découvrir des omissions potentielles de l'analyse initiale.

Nous devons premièrement bien maîtriser la problématique de notre recherche.

Deuxièmement, nous devons réfléchir si notre plan de conception est raisonnable pour représenter la solution du problème.

Troisièmement, nous devons toujours considérer le point de vue global du système intelligent à construire.

³ La version académique, dans cette recherche, s'intéresse au traitement de l'objet du modèle computationnel. Dans cette version, le modèle mesure l'IC des utilisateurs grâce à leurs réponses basées sur le questionnaire d'Ang et al. (2008, 2010) avec ses 20 items. Il s'agit d'une version prototype qui ne tient pas compte des facteurs commerciaux, ni du dialogue en langue naturelle lorsque le système interagit avec les utilisateurs en temps réel pour la prise de décision relativement à des problèmes d'IC. Cela signifie que, dans le cadre de travaux futurs, nous prévoyons aller au-delà du modèle et du système de la version académique pour concevoir la version commerciale (que nous appelons aussi 'version finale' dans ce document).

Quatrièmement, nous concevons donc le modèle incluant ses sous-composants qui peuvent réaliser les principales fonctions du système intelligent.

Cinquièmement, nous considérons les données car elles sont aussi importantes que les fonctions. Nous analysons, comparons et sélectionnons plusieurs méthodes technologiques de mise en œuvre pendant la définition des données.

Sixièmement, les interfaces (à la fois internes et externes) doivent être également conçues. Le flux de données circulant entre les composants affecte grandement l'efficacité de traitement, la propagation d'erreur et la simplification de la conception du système. Nous essayons de concevoir de bonnes interfaces pouvant faciliter l'intégration au niveau de la programmation des fonctions ainsi que des tests.

Septièmement, au niveau des composants, nous nous assurons que chaque composant se préoccupe d'une seule fonction ou d'une seule sous-fonction dans le modèle (Pressman, 2005).

Huitièmement, nous réduisons autant que possible le couplage entre les composants et avec l'environnement externe, mais sans toucher au couplage de base d'interfaces des composants, au transfert d'information et aux données globales. Avec l'augmentation du niveau de couplage, la probabilité d'erreur augmente et la maintenabilité du logiciel devient difficile. Par conséquent, dans le processus de conception, nos composants seront faiblement couplés entre eux.

Ce modèle de conception consiste donc en plusieurs étapes permettant de créer une représentation simplifiée du MIC. Ce processus appliqué permet de passer du champ de la problématique au champ de solution.

4.4 Architecture du cycle cognitif du MIC

Nous présentons, ici, l'architecture du cycle cognitif du MIC et ses relations sémantiques. Cette présentation des modules et de leurs relations vise principalement à clarifier le modèle d'un point de vue architectural et fonctionnel. L'explication détaillée des étapes de la réalisation des techniques utilisées, nous oblige à repenser ce qui est sous-

entendu et à développer certains détails précis. Cette étape permet de formaliser le problème, de définir le cadre de développement, et permettre de découvrir d'éventuelles omissions de l'analyse initiale. L'architecture est illustrée à la Figure 4.2.

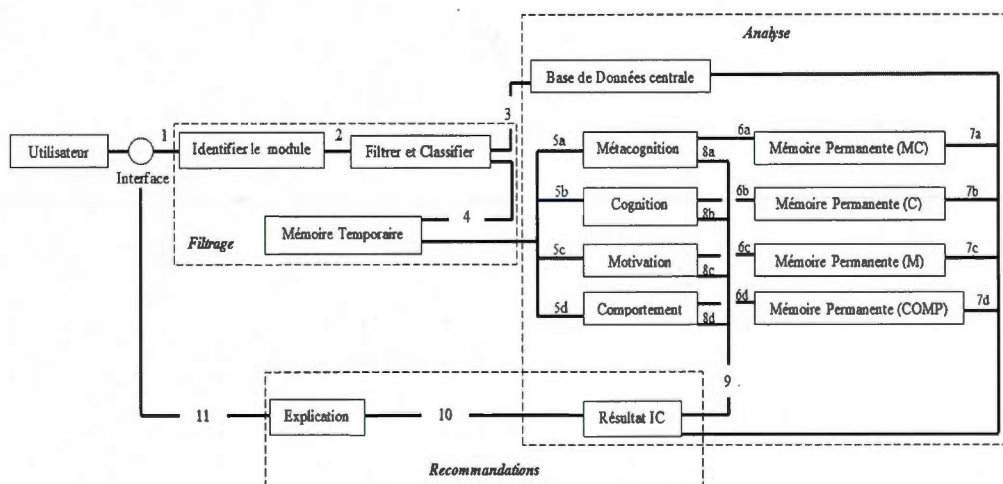


Figure 4.2 Architecture du cycle cognitif du MIC (Wu et al., 2012)

Les opérations internes de l'architecture sont détaillées suivant un flux continu d'interaction lors d'un cycle cognitif. Ce cycle se base sur le processus cognitif humain. La conscience humaine se forme à partir d'un flux continu, d'une succession ininterrompue d'épisodes à laquelle nous donnons un sens et qui est ensuite diffusée dans notre cerveau (Crick et al., 2003). Ce cycle est généralement considéré comme commençant par une information en entrée (question ou demande), et se terminant par une réponse montrée à l'utilisateur. Le modèle cognitif n'a pas à montrer d'action extérieure, mais plutôt les répercussions des actions internes.

L'architecture se compose de trois différentes unités principales. Tout d'abord, *l'unité de filtrage* filtre l'information culturelle et met les informations utiles dans la mémoire temporaire. *L'unité d'analyse* récupère les informations culturelles de la mémoire temporaire et analyse ces informations dans le but de donner des recommandations significantes pour les utilisateurs. *L'unité de recommandation* présente les résultats de l'analyse et explique ses

recommandations. Le MIC se situe dans l'unité d'analyse, considérant notre théorie cognitive de l'IC relativement à la caractéristique de collaboration et de corrélation y prenant place. Le cycle cognitif comporte onze étapes distribuées dans ces trois unités. Nous décrivons ces étapes dans ce qui suit, les étapes correspondant aux numéros à l'intérieur des rectangles dans le graphique de la Figure 4.2.

1) Unité de filtrage

Étape 1 : Un utilisateur présente une demande à travers l'interface-utilisateur. Cette demande est une information d'entrée pouvant être une demande d'évaluation, une question posée ou toute autre phrase naturelle exprimant un problème de cet utilisateur faisant appel à l'IC. Cette information entre donc dans le module d'identification. Ce module va identifier l'information pour potentiellement faire un test de classement.

Étape 2 : Après avoir été orientée vers le test du classement, l'information passe au module de filtrage et de classification. Dans le module, l'information va filtrer ce qui n'est pas utile pour les analyses dans les prochaines étapes. Dans le prototype actuel, le module filtre et extrait les réponses des 20 items des questions, et classe également ces données filtrées.

Étape 3 : Le module de filtrage et de classification a une relation associée avec la base de données centrale. Ce module a deux tâches à compléter : premièrement, il va déposer tous les résultats du filtrage et de la classification dans la base de données centrale, c'est-à-dire les données nettes des réponses au questionnaire; deuxièmement, il va chercher dans la base de données centrale, des données nécessaires à l'analyse. Concernant la base de données centrale, elle stocke non seulement les résultats du module de filtrage et classification, mais aussi des données d'explications et de suggestions, de manière à préparer des explications et les suggestions à fournir aux utilisateurs selon leurs résultats au test.

Étape 4 : Les données classifiées sont alors prêtes à être envoyées à la mémoire temporaire. Ce module va garder ces données temporairement et, en même temps, assurer des interactions avec les autres modules.

2) Unité d'analyse

Étape 5 : Les modules de métacognition (5a), de cognition (5b), de motivation (5c), et de comportement (5d), vont chercher les données qui leur sont destinées dans la mémoire temporaire.

Étape 6 : À cette étape, chaque module (6a, 6b, 6c et 6d), consulte sa propre mémoire permanente afin d'analyser l'information qu'il a eu de la mémoire temporaire. Ces mémoires permanentes représentent la base de données complète et spécifique, touchant chacune des quatre dimensions de l'IC.

Étape 7 : Pendant que chaque module de cette étape (7a, 7b, 7c et 7d) analyse les informations, s'il manque des données, les mémoires permanentes vont consulter la base des données centrale et chercher des données nécessaires pour aider à l'analyse de leur module respectif.

Étape 8 : Après l'analyse de chaque module, ces quatre modules (8a, 8b, 8c et 8d) doivent interagir entre eux, pour que chacun puisse ajuster son résultat avant de l'envoyer au prochain module. Cette étape considère qu'une évaluation précise et qu'une prise de décision ou un conseil sont liés avec toutes les dimensions de l'IC. Selon notre théorie cognitive, une analyse d'une seule dimension ne peut pas représenter un résultat significatif, c'est l'interaction qui donne un résultat plus complet et efficace.

3) Unité de recommandation

Étape 9 : Suite à l'interaction entre les modules de différentes dimensions de l'IC, les quatre modules; métacognition, cognition, motivation et comportement, envoient leurs résultats finaux au module de Résultat IC. Ce module, où tous les résultats des quatre modules sont généralisés, donne un résultat de l'évaluation complète ou bien suggère une décision et des conseils significatifs à l'utilisateur.

Étape 10 : L'utilisateur veut avoir les explications du résultat IC. Alors, le module d'explication explique les raisons pour lesquelles ces résultats ont été présentés, en détail et en langage naturel, de façon à être compréhensible pour l'utilisateur.

Étape 11 : Les explications sont envoyées à l'Interface utilisateur.

4.5 Élaboration des techniques

Selon nos recherches, il n'existe pas d'outil unique applicable à toutes nos tâches. Les systèmes experts, les réseaux neuronaux, la logique floue et les algorithmes génétiques ont tous une place et sont pertinents pour de nombreuses applications. Dans cette section, nous exposons donc l'analyse du choix des techniques permettant d'obtenir les capacités de développement, de changement et de diversité que la culture possède. Cette analyse nous aide à trouver des solutions techniques à l'IC, de manière à rendre le MIC plus intelligent et plus adaptatif.

Nous considérons à la fois l'approche symbolique et l'approche connexionniste dans notre modèle cognitif. Les mécanismes de la représentation symbolique tentent de reproduire le raisonnement humain. Les informations culturelles relatives au monde culturel extérieur sont prélevées par la perception et sont représentées à l'intérieur d'un cadre symbolique. Ensuite, les symboles culturels sont interprétés et raisonnés afin d'orienter ou planifier en retour une action dans le monde extérieur. Nous utilisons les processus de manipulation de symboles afin d'équiper le modèle de l'apprentissage machine et de l'approche de la logique basée sur les règles. Cette façon de faire permet de s'adapter et d'interagir facilement et efficacement avec le monde extérieur, de prédire l'avenir et d'utiliser des capacités de raisonnement et d'expliquer des décisions prises. Dans le MIC, la représentation de symboles est une reproduction du construit culturel. Elle reproduit donc la connaissance culturelle sémantique des experts culturels.

L'approche connexionniste que nous utilisons dans le modèle est le réseau de neurones artificiels (RNA). Il s'agit de la construction de compétences, à travers un processus d'auto-organisation (comportemental) avec lequel le système intelligent de l'IC interagit en temps réel avec son environnement. Dans le cadre de l'approche connexionniste, le modèle dépend du traitement parallèle des modes d'activation distribués non-symboliques. Contrairement à la logique basée sur des règles que nous avons utilisée pour l'approche symbolique, la méthode statistique est appliquée pour traiter des informations dans cette partie. Dans les quatre sections suivantes, nous expliquons et justifions en détail les techniques que nous avons choisies : logique floue, réseau de neurones artificiels et technique hybride neuro-floue.

4.5.1 Logique floue

En 2003, Earley et Ang proposent explicitement, pour la première fois, le concept de l'IC. Neuf ans de recherches plus tard et après de nombreuses études concernant la structure et la mesure de l'IC (Ang et Van Dyne, 2008, 2010; Ang et Inkpen, 2008; Ang et al., 2007; Earley et Ang, 2003; Earley et al., 2006; Ng et Earley, 2006; Thomas et Inkson, 2003, 2004; Thomas, 2006; Triandis, 2006), les liens existant entre l'IC et d'autres concepts pertinents, ainsi que le développement de différentes méthodes pour développer l'adaptabilité de l'IC, des résultats très significatifs ont été obtenus. Cependant, force est de constater que l'IC ne s'intègre toujours pas dans le domaine de l'IA. Il existe encore un écart entre ces deux domaines. L'essentiel des connaissances et des expertises en matière de l'IC est exprimé en langage naturel. Un des défis liés au développement d'un modèle computationnel d'IC est de pouvoir exprimer ces connaissances et cette expertise en préservant leur richesse sémantique et expressive. Après une étude et une analyse approfondie des approches existantes fondé sur le traitement du langage naturel (Simpson, 1944; Hakel, 1968⁴) pour la représentation de l'IC, nous avons émis l'hypothèse qu'une approche fondée sur la logique floue serait adaptée pour faire face aux problèmes rencontrés. Nous avons donc opté pour l'utilisation, en premier lieu, de la technique de la logique floue dans le modèle.

En se fondant sur le concept du classement des composants d'un ensemble selon la théorie des ensembles flous, la logique floue représente l'imprécision dans la vie quotidienne (Shaout et al., 1998). Elle se concentre sur l'imprécision même d'un événement (Negnevitsky, 2005), traitant le raisonnement à un niveau supérieur en utilisant l'information linguistique acquise à partir du domaine des experts (Figure 4.3).



Figure 4.3 Utilisation des informations en logique floue

⁴ En 1944, Ray Simpson a demandé à 355 étudiants collégiens et lycéens de placer 20 termes comme *souvent, toujours, généralement, habituellement*, etc., sur une échelle comprise entre 1 et 100. En 1968, Milton Hakel a répété cette expérience.

La logique floue étend l'approche probabiliste à une situation où elle n'est pas définie avec précision. Le processus de la logique floue offre une structure d'inférence permettant une approximation des capacités du raisonnement humain (Gupta et al., 1994). Dans la gestion des incertitudes du système basé sur des règles, une des principales sources a été identifiée (Bonisson et al., 1985), c'est la *langue imprécise* : la langue naturelle peut être ambiguë et imprécise, avec des termes tels que «*généralement*», «*toujours*», «*parfois*», «*occasionnellement*», «*rarement*», «*jamais*», etc. Les experts du domaine ont tendance à utiliser ces termes imprécis pour décrire leurs connaissances.

La première raison pour laquelle nous utilisons cette technique est que notre sujet est un bon candidat pour la technique de la logique floue, puisque elle est considérée non seulement comme une technique efficace pour une représentation expressive, mais aussi, d'après nous, comme un concept philosophique permettant l'analyse dans le domaine culturel. La logique floue se préoccupe de l'utilisation de valeurs floues. Nous décrivons d'ailleurs l'IC dans des termes tels que «*ses connaissances culturelles sont élevées* », «*il parle très bien une autre langue*», «*il aime interagir avec des personnes de cultures différentes*», etc. La logique floue maîtrise l'incertitude et exprime les connaissances quantitatives et qualitatives de l'IC d'une manière clairement interprétable. Le modèle flou permet de représenter la connaissance des experts de l'IC sous la forme linguistique. Nous en déduisons des caractéristiques de l'IC grâce à un ensemble de systèmes flous, réalisant ainsi un processus de diagnostic humain. La logique floue permet le traitement des données souples, des valeurs souples, ou des ensembles flous. Le traitement souple est capable de fonctionner avec des informations culturelles imprécises, incertaines et incomplètes d'une manière qui reproduit la pensée humaine. Dans la vie quotidienne, les humains utilisent normalement des données souples représentés sous forme de mots plutôt que sous forme numérique. Nos organes sensoriels traitent l'information souple, notre cerveau fait des associations souples et des inférences dans des environnements incertains et imprécis.

La deuxième raison d'appliquer cette technique dans notre modèle, est qu'elle est particulièrement bien adaptée pour la modélisation de la prise de décision humaine. Nous nous appuyons souvent sur le sens commun et l'utilisation de termes vagues et ambigus lors d'une prise de décision importante. Nous avons une capacité remarquable à raisonner et à

prendre des décisions sans utiliser les chiffres. Les humains utilisent des mots, et le traitement souple tente de modéliser notre sens des mots lors de la prise de décision (Negnevitsky, 2005). La logique floue capture ainsi le sens des mots, le raisonnement humain pendant la prise de décision. La prise de décision faisant appel à l'IC est trop complexe et incertaine pour se prêter à des méthodes analytiques précises. La logique floue fournit un moyen pour convertir la stratégie linguistique dans des actions de contrôle. La théorie de la logique floue fournit un mécanisme d'inférence dans l'incertitude cognitive, et offre ainsi une capacité de calcul de haut niveau. Elle fournit un moyen de composer avec des «*critères souples*», «*des données floues*» et des informations incomplètes, pourtant souvent utilisés dans l'IC. Elle fournit également la force mathématique pour l'émulation de certains attributs perceptifs et linguistiques liées à la cognition humaine. La logique floue a donc la capacité de représenter une méthode d'encodage et d'application les connaissances des experts culturels sous une forme reflétant fidèlement la compréhension des connaissances linguistiques et des problèmes difficiles et complexes habituellement formulées par un expert humain.

Il peut être difficile d'exprimer des connaissances précises sous une forme SI-ALORS, lors de la production de règles relatives à l'IC. La logique floue nous permet donc de minimiser l'impact des goulots d'étranglement computationnels des techniques traditionnelles. Ainsi, nous appliquons des opérations floues et des haies⁵ pour obtenir des ensembles flous de l'IC afin de représenter des descriptions linguistiques en langue naturelle faisant référence à la culture. Nous avons donc intégré ce type de connaissances imprécises et incertaines pour exprimer nos règles de l'IC dans notre modèle.

4.5.2 Réseau de neurones artificiels

Du point de vue philosophique, toutes les choses ont leur caractère multiforme et sont soumises au changement et à l'évolution. La culture a également son caractère multiforme, en plus de se développer et d'évoluer rapidement. Pour résoudre le côté multi-facettes de la culture (les cinq dimensions de la culture de Hofstede, les six dimensions de la culture de Kluckhohn et Strodtbeck, etc.) nous utilisons la technique de la logique floue. La logique

⁵ Une variable linguistique porte avec elle la notion de qualification des ensembles flous, appelé haies. Les haies sont des termes qui modifient la forme d'ensembles flous. Dans notre étude, ils comprennent les adjectifs tels que faible, moyen et élevé.

floue permettra d'ailleurs aux ingénieurs de connaissances d'acquérir les connaissances multi-facettes relatives à l'IC, originalement émises sous forme linguistique, et de résoudre le problème de l'expression en langage naturel dans notre modèle. Cependant, la technique de la logique floue n'est pas en mesure, par elle-même, d'assurer le suivi du changement et l'évaluation de la culture. Elle ne fournit pas de mécanisme d'acquisition automatique et d'ajustement des règles culturelles. Les règles culturelles déjà établies peuvent éventuellement ainsi tomber en désuétude à cause du développement de la culture et ses changements. Une question se pose alors : comment pouvons-nous générer de bonnes règles floues automatiquement? Pour y arriver et afin de tenir compte des développements et des changements culturels, nous avons besoin de la capacité d'apprentissage automatique. Il faut alors considérer une fonction d'apprentissage pour notre modèle. Le choix de Réseau de Neurones Artificiels (RNA) nous apparaît alors nécessaire. Le RNA pourrait être utilisé pour extraire la connaissance cachée dans des ensembles de données volumineux et obtenir ainsi de nouvelles règles culturelles pour le modèle. Ainsi la deuxième technique employée dans notre modèle est celle du RNA. Le RNA a la capacité d'auto-apprentissage et il fonctionne en temps réel. Nous émettons l'hypothèse qu'il permettra de développer et d'ajuster efficacement de nouvelles règles culturelles en fonction des changements et des développements de la culture.

Un RNA est généralement défini comme un modèle de raisonnement inspiré du cerveau de l'humain. Le cerveau se compose d'un ensemble densément interconnecté de cellules nerveuses, ou d'unités de base de traitement des informations, appelé des neurones (Shepherd et al., 1990). La Figure 4.4 représente les connexions typiques de RNA de Medsker et al. (1994).

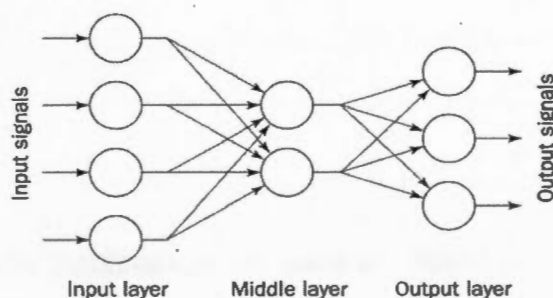


Figure 4.4 Connexion typique de RNA (Medsker et al., 1994)

En 1958, Rosenblatt a présenté un algorithme d'apprentissage produisant la première procédure de formation d'un simple RNA : un perceptron. L'opération du perceptron est basée sur le modèle de McCulloch et al. (1943). Le perceptron est la forme la plus simple d'un réseau neuronal. Il se compose d'un seul neurone avec des poids synaptiques ajustables et un limiteur strict. Un perceptron à une seule couche à deux entrées est montré à la Figure 4.5. Le perceptron apprend sa tâche en faisant des petits ajustements dans la pondération afin de réduire l'écart entre les résultats réels et désirés. Les poids initiaux sont assignés au hasard, puis mis à jour pour obtenir une sortie compatible avec les exemples de formation.

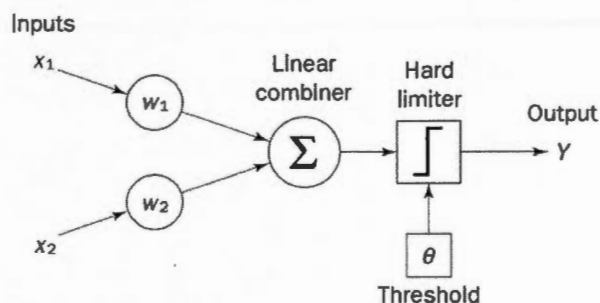


Figure 4.5 Algorithme d'apprentissage - perceptron (Rosenblatt, 1958)

Comme nous l'avons annoncé précédemment, notre première raison de choisir cette technique est que le but de notre recherche est d'aider les personnes à améliorer leur capacité d'adaptation dans une nouvelle culture. Notre modèle computationnel devrait aussi avoir la capacité d'adaptation aux développements, aux changements et à la diversité de la culture. L'application de la technique du RNA s'avère alors essentielle et nécessaire. Le RNA est dynamique. Il constitue une classe très puissante d'outils polyvalents qui ont été appliqués avec succès à des problèmes de prédiction, de classification, d'apprentissage et de regroupement, ainsi que pour leur capacité de gérer des données à la fois binaires et continues et de produire de bons résultats dans des domaines complexes, tel que le domaine culturel. Il est capable de capturer des régularités statistiques des données d'entraînement, et de trouver la corrélation entre les données entrées et les données sorties. Lorsque la sortie est continue, le réseau peut résoudre les problèmes de prédiction. Mais quand la sortie est binaire, le réseau fonctionne comme un classificateur.

Notre deuxième raison est que nous recueillons des règles de l'IC en réalisant la revue de la littérature ou en interviewant des experts culturels. En utilisant la technique de la logique floue, nous pouvons construire un système flou de l'IC avec ces règles culturelles. Bien que notre système flou permette l'expression des connaissances d'experts culturels d'une manière plus naturelle, il dépend toujours des règles extraites de la littérature ou des experts culturels. Cependant, un inconvénient majeur est que les experts culturels ne peuvent pas toujours exprimer leurs connaissances en termes de règles ou expliquer la démarche derrière leur raisonnement. Cela pourrait limiter la capacité de notre système à emmagasiner les connaissances nécessaires et, par conséquent, conduire à son échec. Nous pouvons fournir certaines règles floues culturelles très astucieuses, mais certaines règles sont devinées et peuvent même s'avérer erronées. Une fois les règles culturelles stockées dans la base de connaissances, elles ne peuvent pas être modifiées par le système flou lui-même. Le système ne peut pas apprendre de l'expérience ni s'adapter à de nouveaux environnements. Nous devons passer des jours, des semaines et même des mois à essayer de trouver des nouvelles règles culturelles, en ajoutant, modifiant ou supprimant certaines règles culturelles manuellement dans la base de connaissances. Par conséquent, toutes les règles culturelles doivent être testées et mis au point, ce qui pourrait engendrer un processus long et fastidieux. Nous aimerions donc rendre ce processus plus rapide et automatisé. Nous voulons ainsi générer automatiquement de bonnes règles floues de l'IC. Alors, en utilisant le RNA, il est possible de chercher des données numériques culturelles relativement aux règles floues. Il peut être utilisé pour corriger les règles culturelles. C'est-à-dire que, là où la connaissance culturelle acquise est incomplète, le RNA peut raffiner la connaissance, et là où la connaissance est incompatible avec certaines données fournies, le RNA peut réviser les règles. Ce système neuronal flou peut trouver de nouvelles règles floues de l'IC, ou encore changer et ajuster celles déjà existantes dans la base des données culturelles prévues. En d'autres termes, nous avons des données culturelles en entrée et des règles culturelles en sortie, ou des connaissances d'experts culturels en entrée et du sens commun relatif à l'IC en sortie.

La troisième raison du choix de l'utilisation d'un RNA fait référence à la nature incomplète des renseignements fournis pour mesurer l'IC d'un individu. Nous pouvons rarement articuler ou décrire les comportements en règles propositionnelles ou

mathématiques. Une stratégie complémentaire est d'employer des techniques d'apprentissage machine pour permettre l'acquisition des connaissances nécessaires (Jameson, 1996). Le RNA est une bonne solution pouvant servir à cette fin. Notre RNA utilisera des règles culturelles existantes, en plus de la méthode d'analyse et des processus d'évaluation d'experts culturels pour compléter les données incomplètes, déterminant ainsi l'état réel des utilisateurs en fournissant des mesures précises.

4.5.3 Technique hybride neuro-floue pour la modélisation du MIC

Une bonne alternative aux systèmes à la fois symbolique et connexionniste est une technique hybride. Cependant, il n'y a pas de consensus sur la manière dont nous pouvons combiner deux approches différentes afin de créer un modèle hybride. Crutchfield (1998) a recommandé que *«one seek to build design dynamical state structures in such a way that they may support computation»* (Vernon et al., 2007).

Pour réaliser notre modèle, nous considérons d'ailleurs utiliser une technique hybride intégrant les deux techniques différentes exposées précédemment : c'est-à-dire la logique floue et le RNA. La technique hybride neuro-floue représente donc la technique essentielle utilisée dans notre modèle, de manière à surmonter les limites des techniques non hybride. Negnevitsky donne son opinion sur les systèmes hybrides :

A good hybrid system brings the advantages of technologies together. Their synergy allows an hybrid system to accommodate common sense, extract knowledge from raw data, use human-like reasoning mechanisms, deal with uncertainty and imprecision, and learn to adapt to a rapidly changing and unknown environment (Negnevitsky, 2005).

Cette recherche utilise la synergie neuro-flou afin d'inférer les caractéristiques de l'IC des utilisateurs dans un environnement de diversité culturelle, et pour créer et mettre à jour le modèle en tenant compte des connaissances d'IC. Notre modèle, grâce à la technique d'hybride neuro-floue, est donc capable de raisonner et d'apprendre dans un environnement culturel incertain et imprécis.

La technique neuro-floue propose de combiner les avantages du système flou et le RNA qui sont des paradigmes complémentaires. La technique neuro-floue représente un système

flou qui utilise la théorie du RNA afin de déterminer ses propriétés, par le biais du traitement des échantillons de données. Grâce à l'utilisation des propriétés mathématiques du RNA dans le système flou pour l'ajustement à base de règles, le processus d'information se rapproche de celui d'un être humain. Notre modèle neuro-flou est un RNA qui est fonctionnellement équivalent à un modèle d'inférence floue. Il est formé pour développer des règles floues culturelles de type SI-ALORS, et déterminer les fonctions d'adhésion pour les variables d'entrée et de sortie du système. Les connaissances d'experts culturels peuvent ainsi être facilement intégrées dans la structure du modèle neuro-flou. Parallèlement, la structure connexionniste évite l'inférence floue, ce qui impliquerait une charge substantielle de calcul.

4.6 Questionnaires adaptés et choix des domaines d'application

Nous avons adapté, dans notre recherche, le questionnaire d'auto-évaluation en anglais d'Ang et al. (2008, 2010). Ce questionnaire donne la possibilité aux utilisateurs d'évaluer leur propre niveau d'IC. Nous avons également adapté le questionnaire d'observateurs en anglais de Van Dyne et al. (2008), basé sur le questionnaire de 20 items d'auto-évaluation d'Ang et al. (2008, 2010), afin de refléter une évaluation de l'IC des autres faite par un observateur. Il est destiné aux organisations, afin de leur permettre d'évaluer les employés avant de leur donner une mission d'expatriation (Voir la section 2.4.4).

Selon les explications de Van Dyne et al. (2008), ces questionnaires a l'avantage de permettre la mesure efficace de l'IC lors d'applications pratiques. Parmi ces applications, nous pouvons identifier tout d'abord deux domaines d'application : le premier étant la formation et le deuxième étant l'expatriation. Nous avons également identifié un troisième domaine d'application, qui est celui des activités d'affaires. Nous avons considéré ce domaine parce que nous croyons que les différences culturelles ont un impact plus important sur l'efficacité dans les affaires que nous le pensons. Nos origines culturelles influencent la façon dont nous pensons et agissons et la façon dont nous interprétons les informations lors d'activités d'affaires. D'ailleurs, beaucoup d'articles traitent de l'importance de l'IC (Ang et al., 2007) ou de la culture, au niveau des entreprises, dans le contexte du commerce international (Hofstede, 1983; Trompenaars et al., 1997, 1998; Kern et al., 2000, Wu et al., 2012). Huber (1990) a indiqué que, la performance des affaires internationales, en termes

d'efficience et d'efficacité, est déterminée par la qualité de l'intelligence organisationnelle. Cette intelligence organisationnelle, plus précisément, selon Ang et Inkpen (2008) est l'IC des entreprises. L'IC, au niveau des entreprises, se base sur les recherches au niveau psychologique relativement à l'IC d'individus et sur la vision des ressources de l'entreprise, permettant ainsi de percevoir les entreprises comme un ensemble de ressources et de capacités. Ang et Inkpen suggère que, lorsque les organisations s'aventurent à l'étranger, l'IC est un prédicteur nécessaire de la performance organisationnelle dans la conduite d'affaires à l'étranger. L'expansion des affaires d'une entreprise, afin de devenir un joueur à considérer dans le commerce international, peut amener de gains importants, mais aussi son lot de défis. Beaucoup d'entreprises qui tentent de développer les affaires internationalement, sans avoir une stratégie soigneusement élaborée, se réveillent brutalement et rapidement avec les problèmes culturels qu'elles rencontrent. Ce n'est pas parce que quelqu'un a réussi chez lui, localement, avec son style culturel, qu'il est garant de charmer ses clients, fournisseurs ou partenaires internationaux. Si cette personne n'apprend pas à apprivoiser les différences culturelles, elle risque de perdre ou de détruire des opportunités d'affaires en raison d'une approche d'affaires potentiellement irritante pour une autre culture. Comme les affaires se globalisent de plus en plus et que les partenariats deviennent le moyen d'obtenir un avantage concurrentiel, alors le potentiel de réussite ou d'échec dépend de la capacité des organisations et des dirigeants de prendre les bonnes décisions dans un cadre de diversité culturelle, ainsi que de comprendre et devenir compétent dans la communication interculturelle. À cet égard, l'IC enseigne des stratégies pour améliorer la perception culturelle afin de distinguer les comportements motivés par la culture spécifique à un individu ou à une entreprise. Cela suggère que les connaissances et l'appréciation permettant cette différenciation afin de guider les réponses comportementales appropriées résultent en de meilleures pratiques d'affaires. C'est pour ces raisons que le domaine des pratiques d'affaires est important à considérer également.

Dans notre recherche actuelle, nous nous concentrons seulement sur le domaine d'application de la formation, avec le test de classement. Nous couvrirons et étudierons les deux autres domaines d'application (l'expatriation et les activités d'affaires) plus profondément dans une future recherche. Les deux questionnaires adaptés pour le domaine

d'application de la formation, avec le test de classement ont comme but de faciliter la collecte des données de réponses provenant des utilisateurs.

Nous respectons les questions originales des deux questionnaires comme étant de type «fermé», c'est-à-dire des questions incluant une liste prédéterminée de réponses possibles qui sont données aux répondants-cibles. Le répondant doit alors choisir parmi les réponses données. Ces deux questionnaires permettent l'évaluation de l'IC sur une échelle ordinale. Pour faciliter la cueillette et l'analyse des données plus tard par l'entraînement du MIC, pour obtenir plus de précision et pour faciliter la transmission des informations pour le répondant (Cooper et al., 2003), nous avons opté pour une échelle chiffrée de 0 à 10. L'échelle contient 11 réponses qui permettent de nuancer le degré de capacité de chaque terme. L'ordre des chiffres étant classé du plus petit au plus grand, soit de «0-Ne présente pas du tout la capacité» à «10-Présente tout à fait la capacité».

4.7 Application des techniques choisies

Dans les sections précédentes, nous avons construit un modèle cognitif dans un premier temps afin de l'analyser et de mettre au point une solution au problème de l'IC. Les aspects les plus importants à être représentés y sont mis en évidence. Dans cette section, nous expliquons en détail les étapes liées à l'application des techniques choisies, de la logique floue, du RNA et de la technique hybride neuro-floue jusqu'à l'élaboration du volet computationnel du MIC.

4.7.1 Application de la technique de la logique floue

Généralement, les connaissances des experts culturels et leur solide expérience pratique sont présentées sous deux formes : les faits et les règles. Cependant, le questionnaire d'Ang avec 20 items, d'après nous, n'apporte que des faits. Il n'applique pas les règles d'évaluation des experts, c'est-à-dire leurs expériences et leurs stratégies utilisées durant le processus d'analyse et d'évaluation de l'IC. La nature purement factuelle du questionnaire ne permet pas aux experts d'exprimer des règles pour évaluer et présenter la résolution de problèmes d'IC. Le processus humain de réflexion mentale, tel que les stratégies des experts culturels, est trop complexe pour être représentée comme un algorithme. Pour résoudre ce problème,

dans cette section, nous appliquons notre technique de la logique floue, et nous présentons précisément notre théorie d'établissement des ensembles flous et règles floues. Nous expliquons le processus d'informatisation des connaissances et des stratégies utilisées par les experts culturels. Cette théorie considère non seulement l'expression des faits (les connaissances que les experts culturels ont mis dans leur questionnaire), mais aussi l'application de notre théorie cognitive de l'interdépendance des quatre dimensions qui sont liées l'une à l'autre dans le questionnaire, de façon à bâtir les règles floues qui agissent comme les stratégies des experts utilisées durant l'évaluation et la prise de décision. Cette façon de faire nous aide à avoir des règles d'experts culturels qui émergent à la manière d'un flux régulier et n'est pas limitée au moment de l'ajout de nouvelles règles dans notre modèle.

Nous nous concentrons sur le questionnaire d'Ang et al. (2008, 2010), où les informations d'évaluation de l'IC et de prise de décision représentent des faits pouvant être transformés en règles. Un résultat d'évaluation et une décision donnée sont ainsi obtenus en combinant des faits et des règles flous de l'IC. Chacun de ces faits et règles flous contribue donc, jusqu'à un certain point, au résultat et à la décision finale. Le processus d'inférence des règles flous de notre étude focalise donc sur l'évaluation de l'IC et donne des recommandations aux utilisateurs.

4.7.1.1 Théorie de la création d'un ensemble de règles

L'ensemble flou de l'IC se définit comme un ensemble avec des limites floues dans notre modèle. Notre théorie pour définir cet ensemble flou s'explique, avec la dimension métacognitive en exemple, comme suit : X est l'univers du discours métacognitif, et ses éléments sont notés comme x (ex : $x = 0.6$). Avec la théorie floue, l'ensemble flou A (ex : métacognition faible) fait partie de l'univers X , et est défini par la fonction $\mu_A(x)$ comme la fonction d'adhésion à l'ensemble A . Exprimé comme : $\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$, où

$$\left. \begin{array}{ll} \mu_A(x) = 1 & \text{si } x \text{ est totalement dans } A; \\ \mu_A(x) = 0 & \text{si } x \text{ n'est pas dans } A; \\ 0 < \mu_A(x) < 1 & \text{si } x \text{ est en partie dans } A. \end{array} \right\}$$

Nous appliquons la fonction d'adhésion triangulaire dans nos travaux. Elle peut être spécifiée par deux paramètres $\{a, b\}$. Nous calculons ainsi $\mu A(x)$ comme suit :

$$\mu A(x) = 1 - \frac{2|x_i - a|}{b}, \text{ si } a - \frac{b}{2} < x_i < a + \frac{b}{2} \quad (\text{Formule 1})$$

Où a et b sont des paramètres qui contrôlent le centre et la largeur de triangle. Cet ensemble flou nous permet un continuum de choix possibles. Pour tout élément x de univers X dans l'IC, la fonction d'adhésion $\mu A(x)$ est égale au degré auquel x est un élément de l'ensemble A . Ce degré, d'une valeur entre 0 et 1, représente le niveau d'adhésion de l'élément x de l'ensemble A .

4.7.1.2 Représentation d'un ensemble flou

Après les éclaircissements sur la théorie des ensembles flous, nous expliquons la façon de déterminer la fonction d'adhésion dans notre modèle. Nous utilisons premièrement une approche pratique pour former des ensembles flous, qui est d'acquérir les connaissances de nombreux experts culturels. Deuxièmement, nous cueillons les informations disponibles dans la littérature relative au domaine de l'IC, tels que Earley et Ang (2003), Ang et Van Dyne (2008), Earley et Mosakowski (2004), Tan (2004), Thomas et Inkson (2005), Ng et al., (2006). Ces informations consistent en une quantité affluente de bits non structurés et de morceaux de données de connaissances imprécises de l'IC. Parmi ces informations disponibles, pour vérifier si les divers éléments appartiennent à un ensemble donné, nous devons sélectionner une certaine quantité d'articles et d'avis différents relativement à l'IC. Nous comparons, analysons et classifions les différentes opinions, combinons les points de vue de ces recherches et nous extrayons les éléments qui présentent une vue représentative de ces articles et de ces points de vue pour les intégrer dans l'ensemble flou, de manière à avoir de «bonnes règles».

Ces ensembles flous avec les connaissances significatives et pertinentes doivent être transformées et intégrées dans le modèle. Nous utilisons ici le même exemple de «métacognition». Ainsi, après l'acquisition des connaissances pour la métacognition faible, nous pourrions produire un ensemble flou de ce niveau de métacognition. De la même manière, nous avons pu obtenir des ensembles flous métacognitifs moyens et élevés. Ces

ensembles flous sont présentés dans la Figure 4.6. L'univers du discours du niveau de métacognition se compose de trois ensembles flous : faible, moyen et élevé. Dans la logique floue, comme nous pouvons le voir, une personne qui a un résultat de 7 dans la métacognition est un membre de l'ensemble métacognition moyenne, avec un degré d'adhésion de 0, et dans le même temps, elle est aussi un membre d'ensemble métacognition élevée d'un degré de 0.22. Cela signifie qu'une personne avec un résultat de 7 dans la métacognition adhère partiellement à plusieurs ensembles.

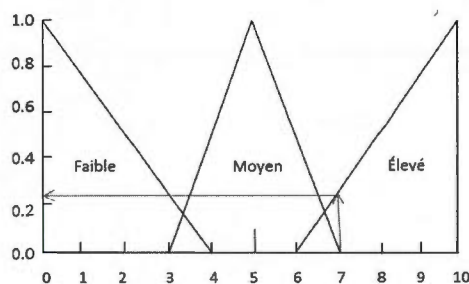


Figure 4.6 Ensembles flous faible, moyen et élevé en métacognition

4.7.1.3 Variables linguistiques et règles floues

Le terme «règle» est le terme le plus couramment utilisé en IA et il l'est aussi dans notre recherche pour désigner la représentation des connaissances culturelles des experts. Une règle est définie comme une structure SI-ALORS, ce qui correspond dans notre étude à une information culturelle ou un fait culturel donnés dans la partie SI et à une action dans la partie ALORS. Les règles de l'IC fournissent des descriptions sur la façon de résoudre un problème de nature culturelle. Notre but est de les rendre relativement faciles à comprendre. Nous les extrayons à partir de la revue de la littérature relative à l'IC et des connaissances de certains experts dans le domaine de la culture, selon qu'il ou elle a des connaissances culturelles approfondies et une solide expérience pratique dans ce domaine. En général, nous considérons qu'un expert culturel est une personne habile pouvant avoir des connaissances culturelles que d'autres personnes n'ont pas. Ainsi, dans le modèle, les règles culturelles représentent des connaissances du domaine de l'IC étant utiles pour résoudre des problèmes de l'IC. Chaque règle saisit spécifiquement une partie d'une relation, une recommandation,

une directive, une stratégie ou bien une heuristique d'un problème d'IC, et chaque nouvelle règle de l'IC ajoute simplement un peu de nouvelles connaissances culturelles dans la base de connaissances, rendant ainsi le modèle plus intelligent.

À la base de la théorie des ensembles flous se trouve l'idée de variables linguistiques. Une variable linguistique est une variable floue dont les valeurs sont des mots ou des phrases (Zadeh, 1975). Par exemple, dans notre contexte, la variable linguistique 'IC Métacognitive' peut prendre les valeurs 'faible', 'moyenne' ou 'élevée'. Les variables linguistiques sont utilisées dans les règles floues de notre modèle. L'étendue des valeurs possibles d'une variable linguistique représente l'univers du discours de cette variable dans l'IC. Par exemple, en définissant l'univers du discours de variables linguistiques de l'IC entre 0 et 10, cette étendue comprend trois ensembles flous : faible, moyen et élevé. Ces univers du discours de linguistiques variables de l'IC pourraient donc comprendre des sous-ensembles flous aussi comme faible, moyen et élevé. Dans notre modèle, chacun de ces sous-ensembles flous représente également une valeur linguistique de la variable linguistique correspondante. Ainsi, nos règles floues se rapportent à des ensembles flous. Nos règles peuvent avoir de multiples antécédents (conditions) dans la partie SI, liés par des mots-clés ET (conjonction) et OU (disjonction), et une seule conclusion (conséquence) dans la partie ALORS. Par exemple :

Règle x :

SI	métacognition est élevée
ET	cognition est élevée
ET	motivation est élevée
ET	comportement est élevé
ALORS	IC est élevée

Règle y :

SI	aime interagir
OU	confiant de socialiser avec des personnes d'autres cultures
OU	aime vivre dans différents contextes culturels
OU	confiant en soi-même
OU	gère bien le stress d'adaptation culturelle
ALORS	motivation est élevée

4.7.1.4 Opérations des ensembles flous

Les opérations des ensembles flous que nous utilisons dans notre modèle sont l'*intersection*, et l'*union*. Par exemple, l'opération floue pour la création de l'intersection de deux ensembles flous A et B sur l'univers du discours métacognitif peut être obtenue comme suit :

$$\mu A \cap B(x) = \min[\mu A(x), \mu B(x)] = \mu A(x) \cap \mu B(x), \text{ où } x \in X \quad (\text{Formule 2})$$

Considérant les ensembles flous de métacognition élevée et moyenne d'une personne exprimée en chiffre dans l'étendu entre 0 et 10 :

$$\text{Métacognition élevée} = (0.1/1, 0.7/7, 0.9/9)$$

$$\text{Métacognition moyenne} = (0.5/1, 0.3/7, 0.1/9)$$

Selon l'équation, l'intersection de ces deux ensembles est :

$$\text{Métacognition élevée} \cap \text{Métacognition moyenne} = (0.1/1, 0.3/7, 0.1/9)$$

L'opération floue pour former l'union de deux ensembles flous A et B, par exemple, dans un univers métacognitif donne :

$$\mu A \cup B(x) = \max[\mu A(x), \mu B(x)] = \mu A(x) \cup \mu B(x), \text{ où } x \in X \quad (\text{Formule 3})$$

$$\text{Métacognition élevée} = (0.1/1, 0.7/7, 0.9/9)$$

$$\text{Métacognition moyenne} = (0.5/1, 0.3/7, 0.1/9)$$

Selon l'équation, l'union de ces deux ensembles est :

$$\text{Métacognition élevée} \cup \text{Métacognition moyenne} = (0.5/1, 0.7/7, 0.9/9)$$

La façon de générer des règles dans notre modèle découle de la combinaison de règles émises par des experts et de règles insérées dans le modèle. Cette façon de faire peut accélérer la vitesse d'entraînement et former le modèle avec un moins grand nombre d'observations.

4.7.1.5 Inférence floue

Notre modèle est fonctionnellement un modèle d'inférence floue. L'inférence floue peut être définie comme un processus de «cartographie» à partir d'une entrée donnée jusqu'à une sortie, en utilisant la théorie des ensembles flous. Nous utilisons la technique d'inférence la

plus courante dans notre modèle, c'est-à-dire est la méthode floue de Mamdani (Mamdani et al., 1975), en utilisant des ensembles triangulaires dans le domaine d'application du test de classement. Le processus d'inférence floue du style Mamdani est réalisé en quatre étapes : la fuzzification des variables d'entrée, l'évaluation des règles, l'agrégation des règles de sortie, et enfin la défuzzification. Nous avons défini quatre dimensions d'IC constituant les quatre entrées : la métacognition, la cognition, la motivation, et le comportement, et une sortie - IC. Cet exemple d'évaluation inclut nos six règles:

Règle 1 :

SI	métacognition est faible
ET	cognition est faible
ET	motivation est faible
ET	comportement est faible
ALORS	IC est faible

Règle 2 :

SI	métacognition est moyenne
ET	cognition est moyenne
ET	motivation est moyenne
ET	comportement est moyen
ALORS	IC est moyen

Règle 3 :

SI	métacognition est élevée
ET	cognition est élevée
ET	motivation est élevée
ET	comportement est élevé
ALORS	IC est élevée

Règle 4 :

SI	métacognition est élevée
ET	cognition est faible
ET	motivation est élevée
ET	comportement est élevé
ALORS	IC est faible

Règle 5 :

SI métacognition est faible
 ET cognition est élevée
 ET motivation est élevée
 ET comportement est élevé
 ALORS IC est faible

Règle 6 :

SI métacognition est élevée
 ET cognition est élevée
 ET motivation est élevée
 ET comportement est faible
 ALORS IC est faible

La métacognition, la cognition, la motivation, le comportement et l'IC sont des variables linguistiques. Les valeurs élevée, moyenne et faible sont des valeurs linguistiques. La structure de base de l'inférence floue du style Mamdani dans notre modèle est illustrée à la Figure 4.7 avec six règles d'IC. Pour comprendre comment cette inférence fonctionne, nous donnons un exemple du processus du système flou en appliquant la règle 1 qui évalue l'IC d'un utilisateur.

Étape 1: Fuzzification

La première étape consiste à prendre les quatre dimensions de l'IC comme entrées nettes, soit la métacognition, la cognition, la motivation et le comportement. Il faut déterminer à quel degré ces entrées appartiennent à chacun des ensembles flous appropriés. L'entrée nette est toujours une valeur numérique. Nous déterminons l'étendue de l'univers du discours et donnons des chiffres, entre 0 et 10, représentant une valeur de chacune des quatre dimensions. Une fois que les quatre entrées nettes sont obtenues, elles sont rendues floues (fuzzified) par rapport aux ensembles flous linguistiques appropriés. Par exemple, dans la règle 1 (*SI métacognition est faible ET cognition est faible ET motivation est faible ET comportement est faible ALORS IC est faible*), l'entrée nette de la métacognition est 8.26 et correspond à la fonction d'adhésion au degré de 0.0; l'entrée nette de la cognition est 8.54 et répond à la fonction d'adhésion au degré de 0.0; l'entrée nette de la motivation est 7.95 et correspond à la fonction d'adhésion au degré de 0.0; l'entrée nette du comportement est 3 et répond à la

fonction d'adhésion au degré de 0.3. De cette manière, chaque entrée est «rendue floue» sur toutes les fonctions d'adhésion utilisées par les règles floues.

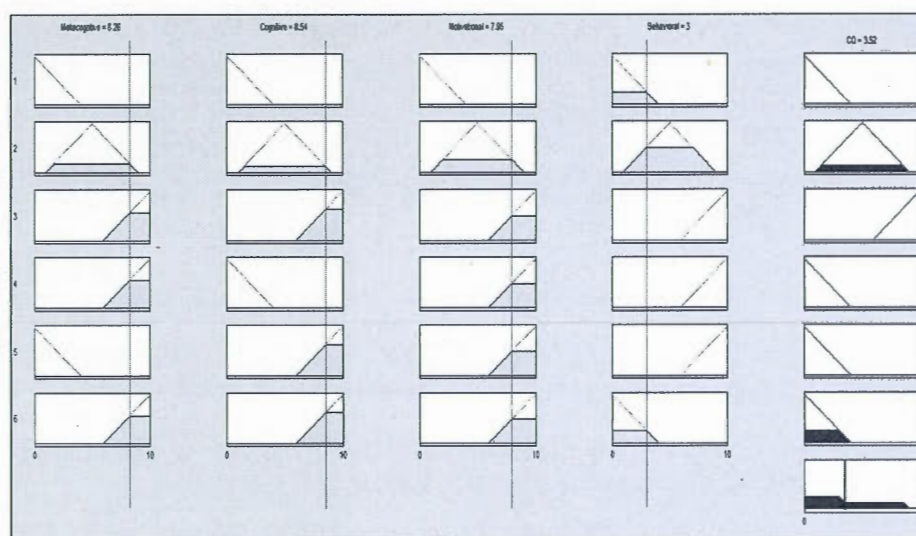


Figure 4.7 Exemple d'inférence floue du style Mamdani

Étape 2 : Évaluation de règle

La deuxième étape consiste à prendre les entrées rendues floues et de les appliquer aux antécédents des règles floues. Notre règle floue donnée a des antécédents multiples, et l'opérateur flou (ET ou OU) est utilisé pour obtenir des numéros uniques qui représentent le résultat de l'évaluation antécédente. Les valeurs numériques (les valeurs de vérité) que nous avons obtenues dans l'Étape 1 sont ensuite appliquées à la fonction d'adhésion de la partie conséquence.

$$\mu_{MC} = 0.0; \mu_C = 0.0; \mu_M = 0.0; \mu_{COMP} = 0.3$$

À la règle 1, afin d'évaluer la conjonction des antécédents de la règle, nous utilisons l'opération floue «ET» pour la création de l'intersection des quatre ensembles flous des univers du discours métacognition, cognition, motivation et comportement. Ce qui suit est alors obtenu :

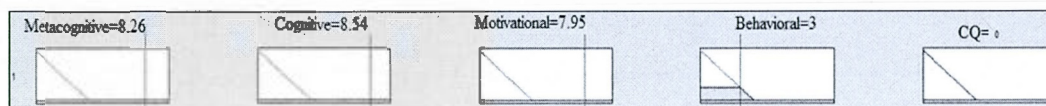
$$\mu_{MC} \text{ U } \mu_C \text{ U } \mu_M \text{ U } \mu_{COMP} = \text{MIN} [\mu_{MC}, \mu_C, \mu_M, \mu_{COMP}] \quad (\text{Formule 4})$$

Règle 1 :

SI métacognition est faible (0,0)
 ET cognition est faible (0.0)
 ET motivation est faible (0.0)
 ET comportement est faible (0.3)
 ALORS IC est faible (0.0)

$$\mu_{MC} \cup \mu_C \cup \mu_M \cup \mu_{COMP} = \text{MIN}[0.0, 0.0, 0.0, 0.3] = 0.0$$

Ainsi, la règle 1 peut être représentée telle qu'illustrée dans la Figure 4.8.



Règle1 : SI métacognition est faible ET cognition est faible ET motivation est faible ET comportement est faible ALORS IC est faible

Figure 4.8 Produit de l'opération floue «ET»

Étape 3 : Agrégation des sorties de règles

L'agrégation est le processus d'unification des sorties de toutes les règles de l'IC. En d'autres termes, nous prenons les fonctions d'adhésion de toutes les conséquences de règles précédemment coupées ou réduites et les combinons en un seul ensemble flou. Ainsi, l'entrée du processus d'agrégation est la liste des fonctions d'adhésion de conséquence coupées ou réduites, et la sortie est l'un des ensembles flous pour chaque variable de sortie. La Figure 4.9 montre comment la sortie de six règles est agrégée en un seul ensemble flou pour la sortie globale floue.

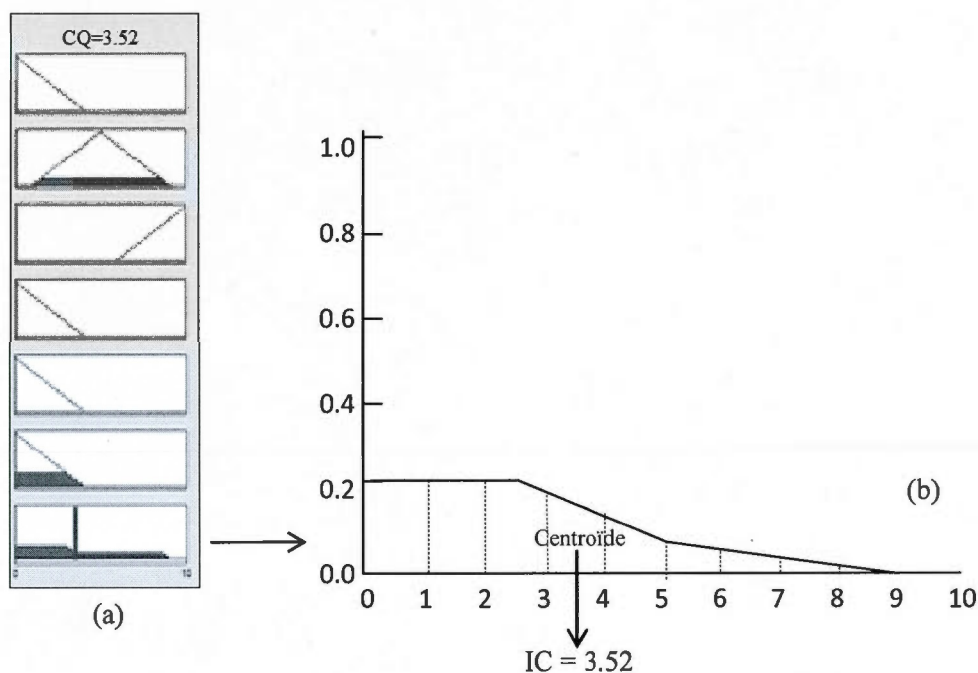


Figure 4.9 Fonction d'adhésion (a)/Défuzzification de l'ensemble flou (b)

Étape 4 : Défuzzification

La dernière étape dans le processus d'inférence floue est la défuzzification. L'aspect flou nous aide à évaluer les règles, mais le résultat final d'un système flou doit être un nombre net aussi. L'entrée pour le processus de défuzzification est la sortie agrégée de l'ensemble flou, et cette sortie est un nombre unique. Nous utilisons la technique la plus populaire, soit celle du centroïde. Comme l'illustre la Figure 4.9, une méthode de défuzzification du centroïde trouve un point représentant le centre de gravité de l'ensemble flou. Une estimation plausible et pratique peut être obtenue par le calcul d'un échantillon de points. Nous appliquons, dans ce cas, le calcul du triangle dans notre système flou, qui est le plus simple calcul de l'ensemble flou, tel que présenté dans la Figure 4.10.

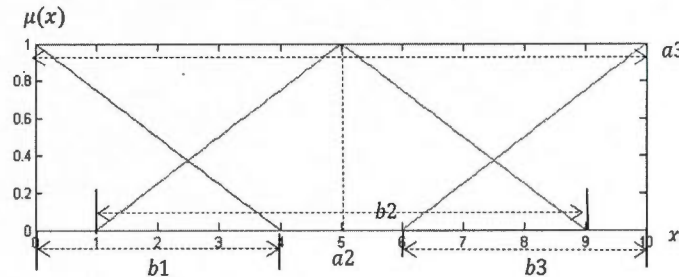


Figure 4.10 Ensembles flous généraux de l'IC

où a_2 est le centre, a_3 est la fin du triangle; b_1 , b_2 et b_3 sont les largeurs des ensembles flous correspondant à l'ICF (IC Faible), l'ICM (IC Moyenne) et l'ICE (IC Élevée). Nous calculons alors le centre de gravité pour le résultat de l'IC en appliquant la formule suivante dans notre système flou :

$$y_{IC} = \frac{\frac{1}{3}b_1^2\mu_{ICF} + a_2b_2\mu_{ICM} + \left(a_3 - \frac{2}{3}b_3\right)b_3\mu_{ICE}}{b_1\mu_{ICF} + b_2\mu_{ICM} + b_3\mu_{ICE}} \quad (\text{Formule 5})$$

Ainsi, le résultat de défuzzification, la sortie nette de l'IC est 3.52, dans notre exemple. Cela signifie qu'après avoir répondu au questionnaire, le résultat de l'IC de la personne est 3.52.

4.7.2 Application de la technique neuro-floue

Notre MIC est similaire à un RNA fonctionnellement équivalent à un modèle d'inférence floue de style Mamdani (Mamdani et al., 1975). Il est entraîné par des données désirées et soumises par des experts culturels pour élaborer des règles floues de type SI-ALORS et à déterminer les fonctions d'adhésion des variables d'entrée et de sortie du modèle. Il permet la combinaison de données numériques et floues, ainsi que de règles floues pour être utilisées dans un seul modèle. Le raisonnement du traitement souple bénéficie ainsi des avantages synergiques associés aux deux sources.

4.7.2.1 Nombre de couches

Généralement, les RNA commerciaux intègrent trois ou quatre couches, dont une ou deux couches cachées. Chaque couche peut contenir 10 à 1000 neurones (Zurada, 1992; Haykin, 1999). Les RNA expérimentaux peuvent avoir cinq ou six couches, dont trois ou quatre couches cachées, et utiliser des millions de neurones. D'après Negnevitsky (2005), habituellement, un système neuro-flou a une couche d'entrée et une couche de sortie, ainsi que trois couches cachées représentant les fonctions d'adhésion et de règles floues. L'architecture et la taille d'un réseau de neurones dépendent de la complexité du problème. Dans le cadre de notre recherche, notre modèle neuro-flou est constitué par de complexes réseaux multicouches comprenant quatre couches cachées et des centaines de neurones. Nous appliquons aussi, dans notre modèle, la technique d'inférence floue de Mamdani (Mamdani et al., 1975). Le processus d'inférence floue du style Mamdani est donc représenté avec un RNA composé de six couches dans le modèle computationnel : une couche d'entrée, une couche de fuzzification, une couche de règle d'antécédent, une autre couche de fuzzification, une couche d'union des règles et une couche de défuzzification (sortie). Nous concevons ces six couches dans notre modèle, non seulement pour avoir une structure respectant la structure de base d'un système neuro-flou, mais aussi pour faciliter l'explication du raisonnement neuro-flou du modèle. Nous proposons l'utilisation de la technique des neurones flous pour l'ensemble des règles de l'IC de notre modèle. Cette phase peut devenir compliquée et nécessiter des calculs intensifs, étant donné que le modèle neuro-flou doit déterminer le nombre de couches nécessaires permettant de décrire les normes et les variables culturelles à suivre. Nous essayons ainsi de ne pas avoir de couche supplémentaire, car chaque couche ajoutée augmente exponentiellement la demande de traitement du réseau neuro-flou.

4.7.2.2 Nombre de neurones

La Figure 4.11 représente le modèle computationnel du réseau neuro-flou de l'IC avec six couches dans le domaine d'application de test de classement. Dans le modèle illustré, nous avons 20 neurones dans la première couche d'entrée. Ce nombre est déterminé par le nombre de questions dans le questionnaire d'Ang et al. (2008, 2010) et se compose de 20

questions. La dimension métacognitive (MC) comprend quatre questions. La dimension cognitive (C) se compose de six questions. La dimension motivationnelle (M) inclut cinq questions. La dimension comportementale (COMP) a également cinq questions. Nous avons donc essentiellement besoin de 20 neurones d'entrée. Pour simplifier la tâche, les ensembles flous des variables linguistiques utilisées dans notre modèle sont des fonctions d'adhésion triangulaire. Ainsi, la couche 2 se divise en trois ensembles flous pour chaque question : «élevé», «moyen» et «faible». Les ensembles flous triangulaires fournissent une représentation adéquate de la connaissance d'experts culturels dans notre étude et, en même temps, simplifient considérablement le processus de calcul. Nous avons alors 60 neurones dans la couche 2. Un neurone représente chaque ensemble flou de la variable linguistique. Dans la couche 3, pour construire des règles floues, nous avons d'habitude besoin de l'aide d'experts culturels expérimentés et de la revue de la littérature de manière à élaborer les règles de l'IC et représenter adéquatement la connaissance culturelle des experts. Normalement, pour représenter les 20 questions dans notre modèle, il faut au moins 2754 règles individuelles pour justifier l'inférence (métacognition + cognition + motivation + comportement = $3^4 + 3^6 + 3^5 + 3^5 = 2745$). Cependant, pour faciliter l'explication théorique et la fonctionnalité du modèle dans le cadre de notre étude, nous nous limitons à 60 neurones représentant des règles fondamentales pour les jugements logiques dans cette couche; chaque neurone correspondant à une règle unique d'IC. Les règles 1 à 15 représentent les connaissances nécessaires associées à la métacognition. Les règles 16 à 30 font référence à la cognition, les règles 31 à 45 intègrent les connaissances de la motivation, et les règles 46 à 60 représentent les connaissances du comportement. La couche 4 est la couche de la sortie de fuzzification d'adhésion des règles culturelles. Dans cette couche, les neurones de la sortie d'adhésion reçoivent des entrées provenant des neurones de règles floues culturelles correspondantes. Cette couche a 12 neurones combinant et divisant ces entrées des neurones de règles floues culturelles correspondantes en trois ensembles flous (élevé, moyenne et faible) pour chaque dimension de l'IC, en utilisant l'opération floue OU. La couche 5 est la couche d'union des règles floues des quatre dimensions de l'IC. Chaque neurone (règle) dans cette couche correspond à une seule règle combinant les quatre dimensions de l'IC. Nous nous limitons à 27 règles (neurones) dans cette couche. Nous prévoyons que ces 27 règles essentielles, à être extraites, peuvent intégrer le jugement logique des quatre dimensions dans

cette couche. La couche 6 est la couche de défuzzification. Elle a 3 neurones qui correspondent à l'IC élevée, moyenne et faible, en utilisant également l'opération floue OU. Chaque neurone dans cette couche combine les sorties et les cumulatifs de la couche 5 en représentant une seule sortie. Cette sortie unique de ce modèle est l'Intelligence Culturelle.

La raison de limiter le nombre de neurones dans notre modèle est que, premièrement, la simulation expérimentale démontre que le nombre de neurones dans la couche cachée affecte à la fois la précision de la reconnaissance et la vitesse d'entraînement du réseau. Un plus grand nombre de neurones peut toutefois considérablement augmenter la charge de traitement. Deuxièmement, plus le nombre de neurones cachés est élevé, plus grande est la capacité du réseau de reconnaître le modèle existant. Cependant, si le nombre de neurones est trop grand, le réseau pourrait tout simplement mémoriser tous les exemples d'entraînement. Cela pourrait donc empêcher notre réseau de généraliser, ou de produire des sorties correctes lorsque lui sont présentées des données de l'IC qui n'ont pas été utilisées lors de l'entraînement du réseau. Troisièmement, Negnevitsky (2005) présente un test de la performance d'un réseau avec 10, 20, et 40 neurones dans les couches cachées, et compare leurs résultats. Les résultats obtenus démontrent qu'un réseau avec 10 et 20 neurones apprennent relativement vite. Il note également que le réseau avec 20 neurones fait preuve d'une plus rapide convergence. Toutefois, les résultats ne démontrent pas de différences significatives entre les réseaux de 20 et 40 neurones. Le réseau avec 40 neurones et le réseau avec 20 neurones peuvent maintenir des niveaux similaires, sans pour autant sacrifier leur performance de reconnaissance. En effet, dans notre étude, nous concluons qu'il est adéquat d'utiliser un maximum de 60 neurones dans notre réseau neuro-flou à cause du fait que les 20 items du questionnaire se divise en trois ensembles flous, tel que présenté dans la Figure 4.11, où chaque couche d'inférence neuro-floue est associée à une étape particulière dans le processus d'inférence floue de style Mamdani (Mamdani et al., 1975; Voir la section 4.7.1.5).

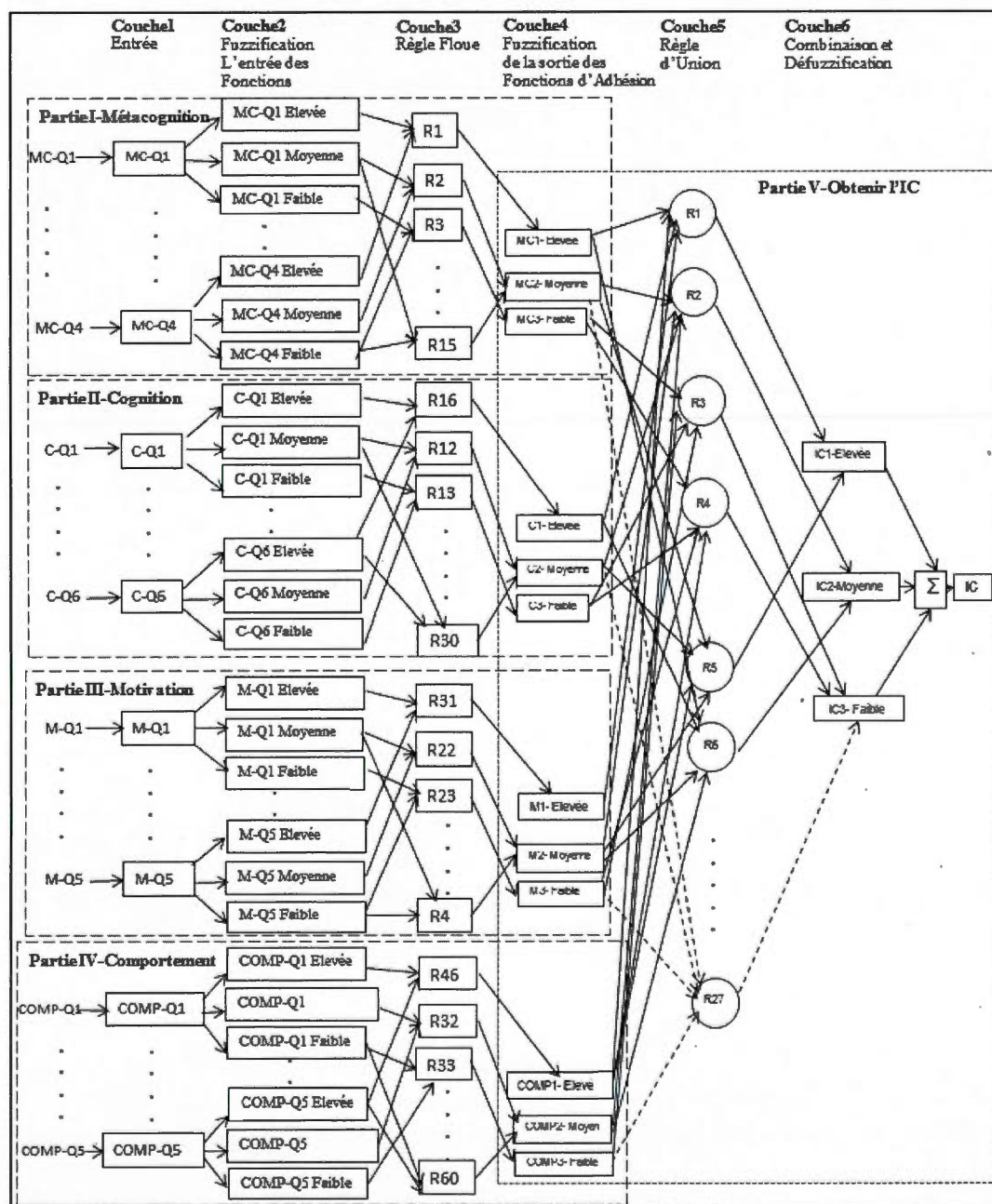


Figure 4.11 Modèle computationnel du réseau neuro-flou d'intelligence culturelle

4.7.2.3 Processus d'obtention des valeurs des quatre dimensions de l'IC

Nous prenons l'exemple de la Figure 4.11, Partie I – Métacognition (MC), pour expliquer les détails dans la Figure 4.12, à propos de la façon dont nous pouvons obtenir la valeur de MC. Les trois autres parties (Partie II-cognition, Partie III-Motivation et Partie IV-Comportement) suivent le même principe.

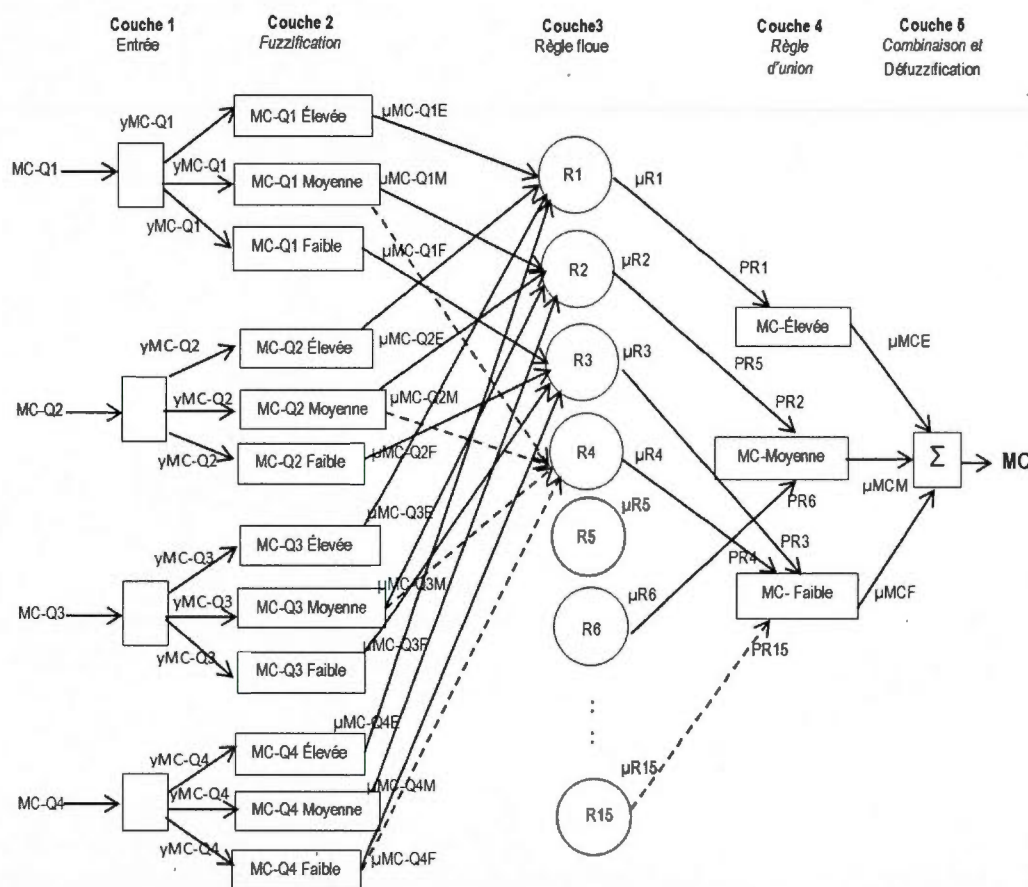


Figure 4.12 Exemple d'inférence du MIC d'obtention de la valeur métacognitive

Couche 1 – Entrée : Le réseau a quatre entrées. Ces quatre variables représentent les réponses de la section 1 d'auto-évaluation du questionnaire d'Ang et al. (2008, 2010), et le questionnaire d'observateur de Van Dyne et al. (2008). Les deux questionnaires dans la section 1 cherchent à mesurer l'IC métacognitive avec 4 questions au total. La question 1 de

la dimension métacognitive (MC-Q1), la question 2 de la dimension métacognitive (MC-Q2), la question 3 de la dimension métacognitive (MC-Q3) et la question 4 de la dimension métacognitive (MC-Q4). Le réseau a une sortie : la MC. L'entrée MC-Q1 est représentée par des ensembles flous MC-Q1 élevée, moyenne et faible. L'entrée MC-Q2 est représentée par des ensembles flous MC-Q2 élevée, moyenne et faible; l'entrée MC-Q3 est représentée par des ensembles flous MC-Q3 élevée, moyenne et faible; l'entrée MC-Q4 est représentée par des ensembles flous MC-Q4 élevée, moyenne et faible. La sortie de la MC est exprimée par des ensembles flous MC élevée, moyenne et faible. Ces quatre entrées correspondent à quatre neurones ayant quatre valeurs d'entrée qui sont transmises directement à la couche suivante. Le poids du lien dans la couche 1 est l'unité, et nous obtenons la formule suivante :

$$yi^{(1)} = xi^{(1)}, i = MC - Q1; MC - Q2; MC - Q3; MC - Q4 \quad (\text{Formule 6})$$

Où, $xi^{(1)}$ est l'entrée de MC-Q1, MC-Q2, MC-Q3 et MC-Q4, $yi^{(1)}$ est la sortie d'entrée neuro MC-Q1, MC-Q2, MC-Q3 et MC-Q4 dans la Couche 1.

Couche 2 – Fuzzification : Chaque réponse d'une question peut se diviser en trois ensembles flous. Par exemple, nous divisons trois ensembles flous pour la question 1, avec MC-Q1 élevée, MC-Q1 moyenne et MC-Q1 faible. Nous avons 12 neurones au total dans cette couche. Pour les neurones dans cette couche, les fonctions d'adhésion dans l'ensemble triangulaire spécifié par deux paramètres $\{a, b\}$, se précisent comme suit :

$$yi^{(2)} = \begin{cases} 0, & \text{si } x_i^{(2)} \leq a - \frac{b}{2} \\ 1 - \frac{2|x_i^{(2)} - a|}{b}, & \text{si } a - \frac{b}{2} < x_i^{(2)} < a + \frac{b}{2} \\ 0, & \text{si } x_i^{(2)} \geq a + \frac{b}{2} \end{cases} \quad (\text{Formule 7})$$

$$i = MC - Q1; MC - Q2; MC - Q3; MC - Q4$$

Où a et b sont des paramètres qui contrôlent le centre et la largeur du triangle, respectivement, $xi^{(2)}$ étant l'entrée, et $yi^{(2)}$ étant la sortie de fuzzification neurone i dans la couche 2.

Couche 3 - Règle Floue : la sortie d'un nœud de niveau 3 représente une règle floue du MC. Par exemple, $yR1$ correspondant à la règle 1, étant la sortie de la règle floue des neurones MC-Q1 élevée (MC-Q1E), MC-Q2 élevée (MC-Q2E), MC-Q3 élevée (MC-Q3E) et MC-Q4 élevée (MC-Q4E), ce qui donne la formule suivante :

$$yR1^{(3)} = \mu_{MCQ1E} \times \mu_{MCQ2E} \times \mu_{MCQ3E} \times \mu_{MCQ4E} = \mu_{R1} \quad (\text{Formule 8})$$

Couche 4 - Règle d'union : l'opération floue dans cette couche que nous utilisons est l'UNION. Par exemple, la métacognition moyenne (MCM) s'exprime ainsi :

$$yMCM^{(4)} = \text{MAX}(\mu_{R2}, \mu_{R6}) = \mu_{MCM} \quad (\text{Formule 9})$$

Où μ_{R2}, μ_{R6} sont les entrées, et $yMCM^{(4)}$ est la sortie de l'adhésion du neurone MC moyenne dans la Couche 4.

Couche 5 - Combinaison et Défuzzification : nous utilisons le même calcul que pour le réseau de l'IC, qui présente comme suit :

$$y_{MC} = \frac{\frac{1}{3}b_1^2\mu_{MCE} + a_2b_2\mu_{MCM} + \left(a_3 - \frac{2}{3}b_3\right)b_3\mu_{MCF}}{b_1\mu_{MCE} + b_2\mu_{MCM} + b_3\mu_{MCF}} \quad (\text{Formule 10})$$

Où MCE représente la métacognition élevée, MCM représente la métacognition moyenne et MCF représente la métacognition faible.

4.7.2.4 Processus d'obtention du résultat de l'intelligence culturelle

Après l'obtention de nos quatre valeurs de l'IC tel que clarifié dans la section précédente, dans cette section, nous expliquons en détail la Partie V, l'obtention du résultat de l'IC, de notre modèle de l'IC illustré à la Figure 4.11, afin de montrer comment notre modèle peut obtenir le résultat final d'évaluation de l'IC. Comme nous pouvons le constater à la Figure 4.13 (présentant l'obtention du résultat de l'IC; ce qui correspond à la partie V de la Figure 4.11), le réseau a quatre entrées : la métacognition (MC), la cognition (C), la motivation (M) et le comportement (COMP), et une sortie: l'IC. L'entrée métacognitive est représentée par des ensembles flous de métacognition élevée, moyenne et faible. L'entrée cognitive est

représentée par des ensembles flous cognition élevée, moyenne et faible; l'entrée motivationnelle est représentée par des ensembles flous de motivation élevée, moyenne et faible; l'entrée comportementale est représentée par des ensembles flous de comportement élevé, moyen et faible; la sortie de l'IC s'exprime par les ensembles flous d'IC élevée, moyenne et faible.

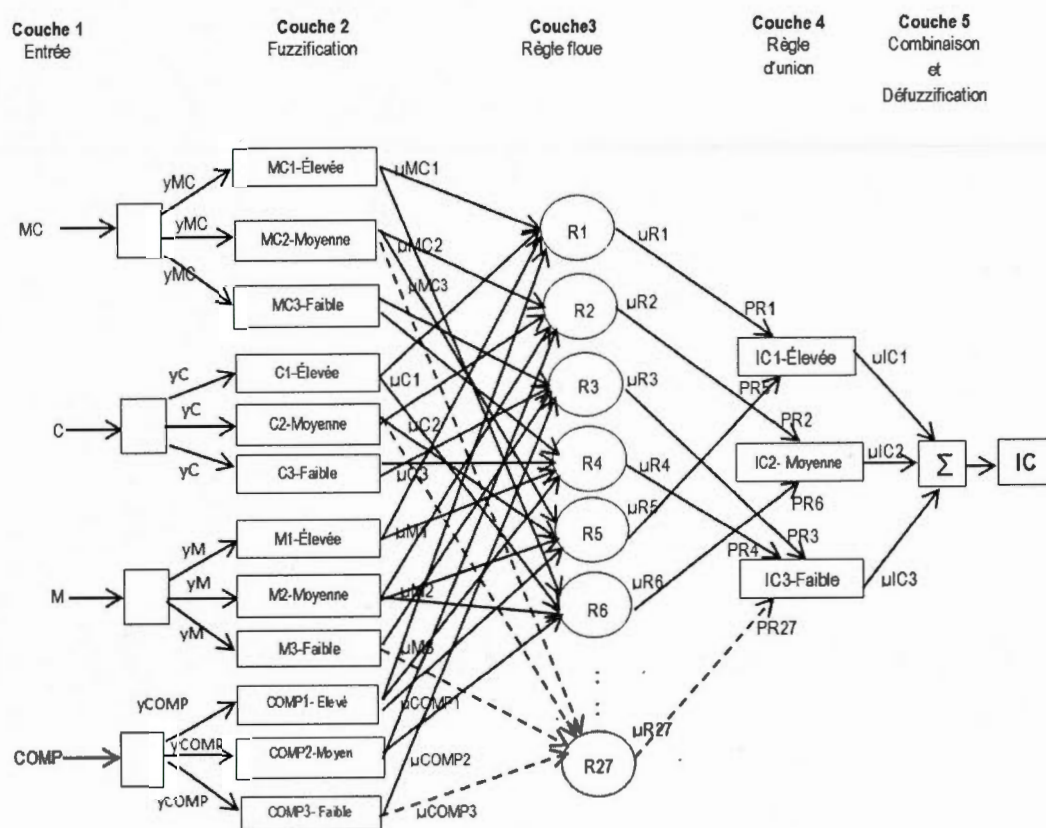


Figure 4.13 Obtention du résultat de l'IC

Couche 1 – Entrée : Aucun calcul n'est dans cette couche. Quatre neurones correspondent à quatre variables d'entrée : MC, C, M et COMP. Ces valeurs d'entrée sont transmises directement à la couche suivante. Le poids du lien dans la couche 1 est l'unité, et nous obtenons :

$$y_i^{(1)} = x_i^{(1)}, i = MC, C, M, COMP$$

Où, par exemple, $x_i^{(1)}$ est l'entrée métacognitive (MC), cognitive (C), motivationnelle (M) et comportementale (COMP), $y_i^{(1)}$ est la sortie d'entrée neuro MC, C, M et COMP dans la Couche 1.

Couche 2 – Fuzzification: La 2^e couche, cachée, comprend 12 neurones, et chaque neurone correspond à une étiquette linguistique (par exemple, faible, moyen et élevé) liée à l'une des variables d'entrée dans la Couche 1. En d'autres termes, le lien de la sortie, représentant la valeur de l'adhésion précisant le degré avec lequel les quatre valeurs d'entrée appartiennent à un ensemble flou, est calculé dans cette couche. Un algorithme de regroupement va décider du nombre initial et du type de fonctions d'adhésion à allouer à chacune de ces quatre variables d'entrée.

Nous utilisons ici les ensembles triangulaires. Par conséquent, les fonctions d'activation pour les neurones dans la Couche 2 font partie d'adhésion triangulaire. Pour l'algorithme de regroupement, nous utilisons aussi l'ensemble triangulaire précisé comme suit :

$$y_i^{(2)} = \begin{cases} 0, & \text{si } x_i^{(2)} \leq a - \frac{b}{2} \\ 1 - \frac{2|x_i^{(2)} - a|}{b}, & \text{si } a - \frac{b}{2} < x_i^{(2)} < a + \frac{b}{2} \\ 0, & \text{si } x_i^{(2)} \geq a + \frac{b}{2} \end{cases} \quad (\text{Formule 11})$$

$i = MC, C, M, COMP$

Couche 3 - Règle floue: La 3^e couche, cachée, comprend 27 neurones. Chaque neurone, dans cette couche, représente une règle de l'IC et reçoit en entrée la sortie des neurones de la couche 2 *Fuzzification*, qui représente la partie d'ensembles flous des antécédents de règles. Chaque neurone correspond à une seule règle floue. La sortie d'un nœud de niveau 3 représente la règle floue de l'IC. Par exemple, $yR1$ correspondant à la règle 1, étant la sortie de la règle floue des neurones MC1, C1, M1 et COMP1, alors :

$$yR1^{(3)} = \mu_{MC1} \times \mu_{C1} \times \mu_{M1} \times \mu_{COMP1} = \mu_{R1} \quad (\text{Formule 12})$$

La valeur de μ_{R1} représente l'ensemble combiné de règles floues dans le neurone R1. Les poids entre la Couche 3 et Couche 4 représentent les degrés normalisés de la confiance

(connue en tant que les Facteurs de Certitude) des règles floues correspondantes. Ces poids s'ajustent au cours de l'entraînement du réseau.

Couche 4 - Règle d'union (ou de conséquence) : La 4^e couche, cachée, est composée de 3 neurones. Ces trois neurones ont essentiellement deux tâches : combiner les nouveaux antécédents de règle et déterminer le degré à la sortie (faible, moyen et élevé) auquel appartient l'étiquette linguistique de chaque dimension d'IC. Trois neurones dans cette couche représentent les trois règles. Cela signifie que les neurones dans cette couche représentent les ensembles flous de l'IC utilisés dans la conséquence des règles floues. L'opération floue que nous utilisons dans cette couche est l'UNION. Cette opération, mise en œuvre par la probabilité «OU», par exemple, IC1 (élevée) s'exprime ainsi :

$$yIC1^{(4)} = MAX(\mu R1, \mu R5) = \mu IC1 \quad (\text{Formule 13})$$

Où $\mu R1, \mu R5$ sont les entrées, et $yIC1^{(4)}$ est la sortie de l'adhésion du neurone IC1 de la Couche 4.

Couche 5 - Combinaison et Défuzzification : ce neurone fait la combinaison de toutes les règles de conséquence et calcule finalement la sortie définie après défuzzification. Il existe différentes approches disponibles de défuzzification. Nous utilisons la méthode de composition *sum-product* (Jang et al., 1997). Cette méthode offre un raccourci de calcul pour l'inférence du style de Mamdani. La composition *sum-product* calcule la sortie définie comme la moyenne pondérée des centroïdes de tous les sorties de la fonction d'adhésion. Nous appliquons le calcul triangulaire dans notre réseau, en nous basant sur le même principe que le calcul de l'ensemble flou dans notre système flou (Voir la Figure 4.10). La moyenne pondérée des centroïdes des ensembles flous coupées de l'IC3 (élevée), l'IC2 (moyenne) et l'IC1 (faible) est calculée selon la Formule 14 qui suit :

$$y_{IC} = \frac{\frac{1}{3}b_1^2\mu IC1 + a_2b_2\mu IC2 + \left(a_3 - \frac{2}{3}b_3\right)b_3\mu IC3}{b_1\mu IC1 + b_2\mu IC2 + b_3\mu IC3} \quad (\text{Formule 14})$$

La défuzzification joue un rôle important dans le réseau neuro-flou. Nous trouvons qu'il est très difficile de convertir, sans perdre d'informations, un ensemble flou de l'IC sur une valeur

numérique lors de la défuzzification. Il est aussi très difficile de trouver un nombre qui représente le mieux un ensemble flou de l'IC. Le Tableau 4.1 explique les acronymes de la Figure 4.11, 4.12 et 4.13, que nous utilisons dans le cadre de l'inférence du réseau neuro-flou de notre modèle.

Tableau 4.1 Explication des acronymes d'inférence du réseau neuro-flou

Figure 4.11		Figure 4.13	
Code	Sous-attributs	Code	Sous-attributs
MC-Q1	Métacognition- Question 1	MC	Métacognition
MC-Q2	Métacognition- Question 2	C	Cognition
MC-Q3	Métacognition- Question 3	M	Motivation
MC-Q4	Métacognition- Question 4	COMP	Comportement
C-Q1... C-Q6	Cognition- Question 1 à 6	IC	Intelligence Culturelle
MC-Q1...MC-Q5	Motivation- Question 1 à 5	yMC	Sortie de neurone métacognitive
COMP Q1... COMP-Q5	Comportement-Question 1 à 5	yC	Sortie de neurone cognitive
IC	Intelligence Culturelle	yM	Sortie de neurone motivationnelle
R1-R40	Règle de l'IC de 1 à 40	yCOMP	Sortie de neurone comportementale
$\mu MCE, \mu MCM, \mu MCF$	Force de tirs intégrés des neurones de règles floues de métacognition (Élevé, Moyen et Faible)	$\mu MC1-3$	Sortie de neurone métacognitive
		$\mu C1-3$	Sortie de neurone cognitive
		$\mu M1-3$	Sortie de neurone motivationnel
		$\mu COMP1-3$	Sortie de neurone momportemental
		$\mu IC1 - \mu IC3$	Sortie de neurone IC
Figure 4.12			
Code	Sous-attributs	Code	Sous-attributs
yMC-Q1	Sortie de neurone métacognitive Question1	$\mu MC-Q3E$	Sortie de neurone métacognitive Question 3 Élevée
yMC-Q2	Sortie de neurone métacognitive Question2	$\mu MC-Q3M$	Sortie de neurone métacognitive Question 3 Moyenne
yMC-Q3	Sortie de neurone métacognitive Question3	$\mu MC-Q3F$	Sortie de neurone métacognitive Question 3 Faible
yMC-Q4	Sortie de neurone métacognitive Question4	$\mu MC-Q4E$	Sortie de neurone métacognitive Question 4 Élevée
$\mu MC-Q1E$	Sortie de neurone métacognitive Question 1 Élevée	$\mu MC-Q4M$	Sortie de neurone métacognitive Question 4 Moyenne
$\mu MC-Q1M$	Sortie de neurone métacognitive Question 1 Moyenne	$\mu MC-Q4F$	Sortie de neurone métacognitive Question 4 Faible
$\mu MC-Q1F$	Sortie de neurone métacognitive Question 1 Faible	μMCE	Sortie de neurone métacognitive Élevée
$\mu MC-Q2E$	Sortie de neurone métacognitive Question 2 Élevée	μMCM	Sortie de neurone métacognitive Moyenne
$\mu MC-Q2M$	Sortie de neurone métacognitive Question 2 Moyenne	μMCF	Sortie de neurone métacognitive Faible
$\mu MC-Q2F$	Sortie de neurone métacognitive Question 3 Faible		
Mêmes acronymes utilisés dans la Figure 4.12 et la Figure 4.13			
$\mu R1 - 20$	Ensemble combiné de règles floues dans les neurones R1-R20		
PR1-20	Poids de Règles 1-20		

4.7.2.5 Apprentissage supervisé et non-supervisé

Le modèle peut facilement être modifié en changeant, ajoutant ou soustrayant des règles culturelles grâce aux deux principaux types d'apprentissage se produisant dans le réseau : l'apprentissage supervisé et l'apprentissage non-supervisé. Ces deux mécanismes évolutifs montrent que notre modèle a la capacité de changer ses fonctions de nœuds, son architecture et ses paramètres d'apprentissage en fonction de différents environnements culturels.

1) L'apprentissage supervisé

Cet apprentissage est celui selon lequel les données d'entrée et les sorties culturelles sont disponibles. La tâche de réseau est de prévoir ou d'ajuster les données d'entrée pour obtenir les sorties désirées. Il permet la classification, sans avoir la connaissance de l'IC complète de la distribution de la probabilité des données, il est encore possible de construire un classificateur utile. Cet apprentissage supervisé évalue facilement la performance et permet d'apprendre de l'expérience des experts culturels et d'améliorer la performance en modifiant les règles de l'IC à travers l'apprentissage. L'algorithme de la propagation rétroactive est utilisé dans le réseau. Le principe de l'apprentissage supervisé est que nous offrons au réseau des données de sortie finales que l'apprentissage supervisé nécessite; ces données représentent les résultats désirés d'un cas de l'utilisateur. Chaque cas contient donc les données d'entrée originales de l'IC par un utilisateur, et les données de sortie offertes par des experts culturels, pour le réseau puisse les reproduire. Les connaissances de l'IC dans le réseau de neurones supervisé sont alors stockées comme des poids synaptiques entre les neurones. Le réseau propage les données d'entrée originales de couche en couche jusqu'à ce que des données de sortie soient générées. Le réseau compare la production des données obtenues avec les données des experts culturels des exemples d'entraînement. Si les données obtenues sont différentes des données fournies par les experts dans le cas d'entraînement, une erreur est calculée et propagée vers l'arrière à travers le réseau. Les poids synaptiques sont modifiés à mesure que la notification de l'erreur est propagée. Le réseau de neurones supervisé apprend donc sans intervention additionnelle.

La Figure 4.14 illustre, par exemple, une partie de la Figure 4.12 avec trois couches (couche entrée, couche cachée et couche sortie). Cette figure explique comment le réseau

neuro-flou fonctionne pour entraîner la valeur MC avec l'apprentissage supervisé. Les MC-Q1 et MC-Q2 réfèrent aux neurones de la couche entrée; les MC-Q1E (Métacognitive Question 1 Élevée), MC-Q1M (Métacognitive Question 1 Moyenne) et MC-Q1F (Métacognitive Question 1 Faible) réfèrent aux neurones de la couche cachée; les R1, R2 et R3 réfèrent aux neurones de la couche sortie. Nous obtenons l'algorithme d'entraînement de la propagation rétroactive en fonction des trois étapes suivantes :

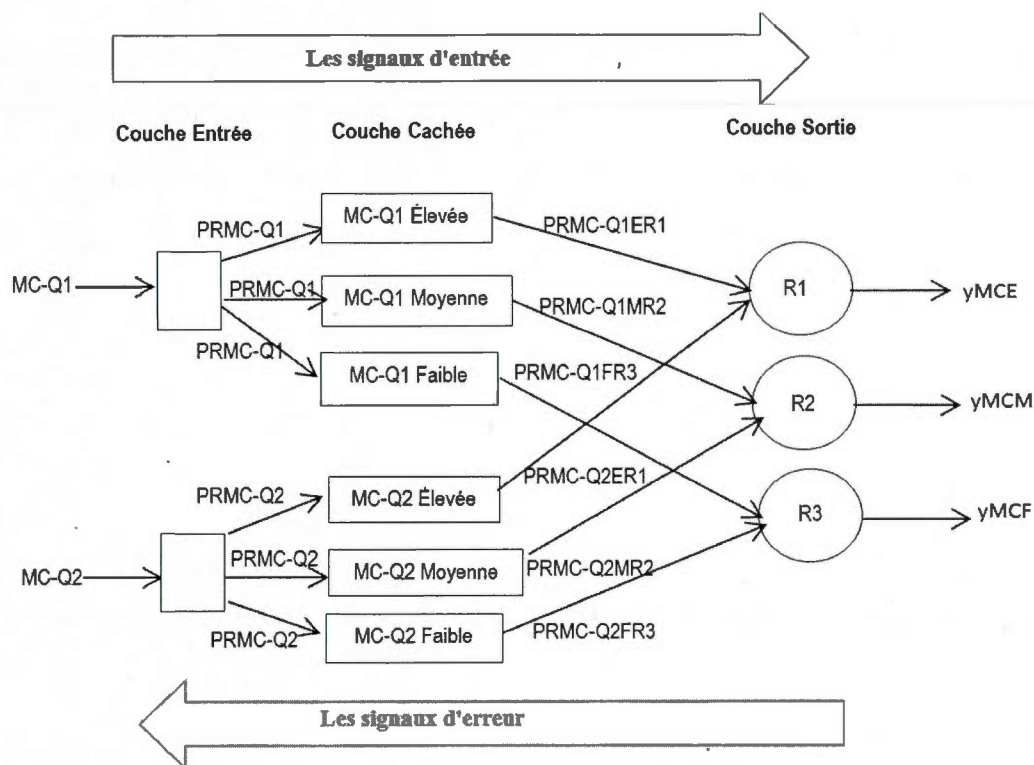


Figure 4.14 Réseau neuro-flou avec trois couches de rétro-propagation

Étape 1 : Signaux d'entrée

Nous entrons les signaux $MC-Q1$ et $MC-Q2$ dans le réseau. Ces signaux sont propagés à travers le réseau de neurones de gauche à droite, et la différence des signaux (ou l'erreur des signaux), $d1$, $d2$ et $d3$, est identifiée de droite à gauche. Par exemple, le poids PR_{MC-Q1} pour la connexion entre le neurone $MC-Q1$ de la couche entrée et le neurone $MC-Q1E$ de la

couche cachée; le poids PR_{MC-Q2} pour la connexion entre le neurone $MC-Q2$ de la couche entrée et le neurone $MC-Q2E$ de la couche cachée. Le $PR_{MC-Q1ER1}$ est le poids entre le neurone $MC-Q1E$ de la couche cachée et le neurone $R1$ de la couche sortie; le $PR_{MC-Q2MR2}$ est le poids entre le neurone $MC-Q2E$ de la couche cachée et le neurone $R2$ de la couche sortie; et le $PR_{MC-Q3FR3}$ est le poids entre le neurone $MC-Q3$ de la couche cachée et le neurone $R3$ de la couche sortie.

Étape 2 : Entraînement de poids

Pour propager des signaux différents, nous partons de la couche sortie et travaillons à rebours dans la couche cachée. La différence de signal à la sortie du neurone $R1$ à l'itération s est calculée comme suit dans la formule 15 :

$$D_{R1}(s) = y_{e,R1}(s) - y_{R1}(s) \quad (\text{Formule 15})$$

Où $y_{e,R1}(s)$ est la donnée sortie désirée des experts culturels du neurone $R1$ à l'itération s . Par exemple, nous utilisons une méthode «de procédure simple» (straightforward procedure) pour mettre à jour le poids $PR_{MC-Q1ER1}$ pour la règle $R1$. La règle $R1$, pour la mise à jour du poids à la couche sortie à l'itération s , est définie dans la formule 16 comme :

$$PR_{MC-Q1ER1}(s+1) = PR_{MC-Q1ER1}(s) + \Delta PR_{MC-Q1ER1}(s) \quad (\text{Formule 16})$$

Où le $\Delta PR_{MC-Q1ER1}(s)$ est la correction du poids.

Étape 3 : Itération

Nous augmentons l'itération s par un, et répétons le processus jusqu'à ce que le critère prédéfini de différence soit satisfait.

Nous avons dessiné la Figure 4.15 à l'aide des fonctions de dessin dans le Maths Tools, cette figure se base sur la fonction de l'apprentissage de notre modèle, de manière à montrer un exemple du résultat de la façon dont notre modèle forme le réseau avec sa capacité d'apprendre en partant de mauvaises règles pour l'amener aux règles désirées (bonnes règles) de l'IC.

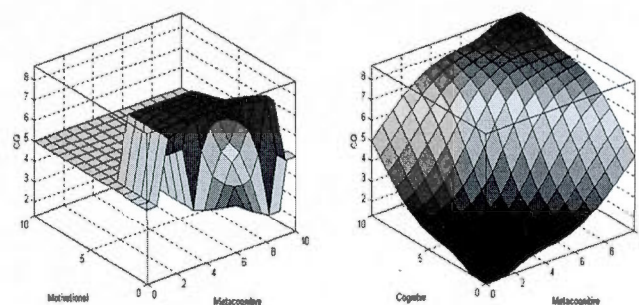


Figure 4.15 Exemple d'un résultat de l'apprentissage supervisé

2) L'apprentissage non-supervisé

Un autre type d'apprentissage dans notre modèle est l'apprentissage non-supervisé, où seules les entrées culturelles sont disponibles. La tâche du réseau est alors de trouver les corrélations parmi les entrées culturelles par lui-même, afin de produire des sorties culturelles. Ce type d'apprentissage est efficace dans le traitement des conditions imprévues et changeantes. Il permet au réseau de traiter des données culturelles inconnues et il s'avère beaucoup plus rapide que l'apprentissage supervisé. Cet apprentissage offre la capacité de dériver de nouvelles règles de l'IC, d'éliminer automatiquement des règles qui ne sont pas utiles et d'apprendre à partir des données de fonctionnement disponibles au réseau. En plus, il peut ajuster le réseau en temps réel. Nous utilisons l'apprentissage non-supervisé d'Hebbian (Haykin, 1999) dans le réseau.

Cet apprentissage ne nécessite pas de données externes d'experts culturels. Au cours de l'apprentissage, le réseau reçoit un certain nombre de cas culturels différents comme des données d'entrée originales. Dans le cadre cet apprentissage, le système trouve des relations de ces cas, découvre leurs caractéristiques importantes et apprend à classer ces cas d'utilisation entrés dans les catégories appropriées, et enfin construit de nouvelles règles d'IC pour ces cas d'utilisation. La Figure 4.16 montre un exemple de l'apprentissage non-supervisé dans notre réseau. L'état de cet apprentissage dans le réseau, par exemple (Voir les flèches en gras), si le neurone *MC-QIE* est suffisamment proche pour stimuler le neurone *RI* et participe à plusieurs reprises à son activation, la connexion synaptique entre ces deux

neurones est renforcée, et le neurone *R1* devient plus sensible aux stimuli du neurone *MC-Q1E*. Le réseau respecte deux règles dans le cadre de cet apprentissage :

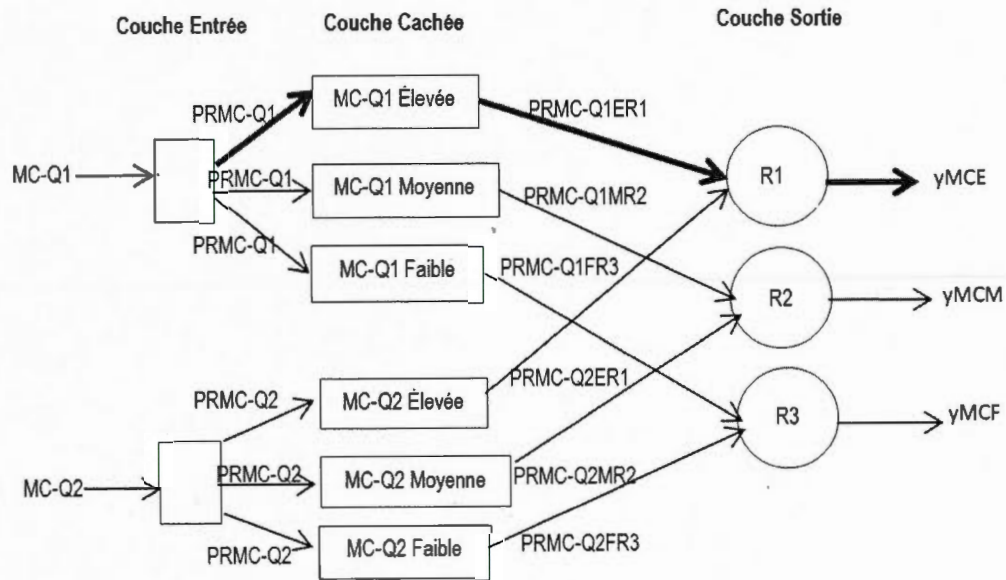


Figure 4.16 Exemple d'apprentissage non-supervisé dans le modèle

Nous expliquons ci-dessous le fonctionnement de l'algorithme de l'apprentissage Hebbian dans notre réseau en quatre étapes :

Étape 1 : Initialisation

Il s'agit du réglage des poids synaptiques initiaux, et des seuils relatifs aux petites valeurs aléatoires dans un intervalle $[0-1]$. Nous attribuons également des petites valeurs positives pour le paramètre du taux d'apprentissage α et le facteur d'oubli ϕ .

Étape 2 : Activation

Cette étape fait référence au calcul de la sortie du neurone *R1* de la règle d'IC à l'itération *s*, tel qu'explicité dans la formule 17 :

$$y_{R1}(s) = \sum_{m=1}^{k=2} x_{MC-Qm}(s) PR_{MC-QmER1}(s) - \theta_{R1} \quad (\text{Formule 17})$$

Où k est le nombre d'entrées des neurones, et θ_{R1} est la valeur seuil de la règle de l'IC (pour le neurone $R1$).

Étape 3 : Apprentissage

Cette étape représente la mise à jour du poids de la règle de l'IC $R1$ dans le réseau. La formule 18 indique comment le réseau met à jour les deux poids de la règle $R1$ à la couche sortie, entre deux paires de neurones $MC-Q1E$, $MC-Q2E$ et $R1$, par l'apprentissage non-supervisé, à travers les multiples signaux d'entrée et de sortie.

$$PR_{MC-QmER1}(s+1) = PR_{MC-QmER1}(s) + \Delta PR_{MC-QmER1}(s) \quad (\text{Formule 18})$$

Dans cette formule, $\Delta PR_{MC-QmER1}(s) = \alpha y_{R1}(s) x_{MC-QmE}(s)$ représente la correction du poids de $MC-Q1E$ à l'itération s par l'algorithme Hebbian dans le réseau et α est le paramètre de taux d'apprentissage.

Cependant, l'apprentissage Hebbian permet seulement la force du poids d'une connexion augmentée. Il ne fournit pas de moyen pour diminuer la force du poids. Ainsi, l'application répétée d'entrée des données culturelles peut amener le poids (ex : $PR_{MC-Q1ER1}$) à saturer. Suivant la théorie de Kohonen (1989), nous imposons une limite à la croissance des poids synaptiques pour résoudre ce problème. Cela peut faire en introduisant un facteur d'oubli non-linéaire dans l'apprentissage Hebbian en réseau. La correction de poids est déterminée par la formule 19 :

$$\Delta PR_{MC-QmER1}(s) = \alpha y_{R1}(s) x_{MC-QmE}(s) - \phi y_{R1}(s) PR_{MC-QmER1}(s) \quad (\text{Formule 19})$$

Dans cette formule, ϕ est le facteur d'oubli spécifiant la désintégration d'un poids dans un cycle d'apprentissage unique. Habituellement, un petit facteur d'oubli est choisi entre 0.01 et 0.1, de manière à permettre à seulement un peu d'«oubli» tout en limitant la croissance du poids.

Étape 4 : Itération

Finalement, il y a une augmentation d'itération s par un, et un retour à l'étape 2. Cela continue jusqu'à ce que les poids synaptiques atteignent leurs valeurs d'état constantes.

4.8 Collecte des données et entraînement

Après la description détaillée étape par étape de la réalisation du MIC dans les sections précédentes, dans cette section, nous présentons la performance d'apprentissage du MIC dans le domaine d'application de la formation, avec le test de classement. Nous appliquons notre algorithme d'apprentissage de rétro-propagation pour le MIC (Nauck et al., 1997; Von Altrock, 1997). Pour réaliser cet objectif, nous avons commencé par collecter des données de trois groupes différents d'utilisateurs. Nous avons demandé au total à 101 utilisateurs de répondre aux 20 items du questionnaire d'auto-évaluation d'Ang et al. (2008) (Voir la section 4.6 pour l'explication du questionnaire) pour recueillir nos données, de manière à servir de référence pour entraîner le MIC. Selon Hudson Beale et al. (2011), l'un des problèmes survenant lors de l'entraînement du réseau neuro-flou est appelé le sur-apprentissage. Nous utilisons donc un petit groupe de données pour entraîner le MIC. Pour tester le MIC et pour réaliser l'entraînement du MIC, nous utilisons un outil de développement de réseau de neurones et de logique floue, soit Maths Tools. Il s'agit d'un outil fournissant des environnements complets pour tester le processus et illustrer le résultat de l'entraînement sous forme de graphiques. Cet outil facilite beaucoup le travail de conception et le test de l'entraînement de notre modèle computationnel neuro-flou.

Nous démontrons deux méthodes d'entraînement différentes dans le MIC, avec le même exemple, que nous avons utilisé pour entraîner le MIC. Cette façon de faire facilite la comparaison des résultats de deux entraînements différents. La première méthode emploie l'algorithme 'pureline' de manière à considérer l'équilibre du réseaux avec six couches (Voir la Figure 4.11) et la généralisation (Hudson Beale et al., 2011) du MIC. Nous choisissons les réponses de cinq répondants suivants et nous les entrons dans le MIC :

Répondant1= [8, 9, 8, 9, 9, 7,10, 6, 9, 8,10, 9, 8, 8,10, 8, 7, 8, 8, 9];

Répondant 2= [8, 8, 8, 9, 5, 8, 7, 5, 6, 6, 8, 7,10, 10,10, 9, 6, 8, 10,10];

Répondant 3= [7, 7, 9, 6, 9, 5, 6, 6, 8, 9, 7, 9, 6, 6, 9, 9, 7, 8, 10,10];

Répondant 4= [6, 9, 7, 9, 5, 4, 6, 5, 6, 5, 8, 7, 7, 9, 10,10, 7, 7,10, 10];

Répondant 5= [10, 8, 9, 6, 8, 9,10, 7, 9, 8,10, 9, 9, 10,10, 7,10, 10, 9,10];

Après la première simulation dans Maths Tools, le MIC a sorti les cinq résultats de l'IC des cinq répondants, ils sont : 8.0918, 7.6017, 5.0000 et 8.2094.

```
>> p2=p(1:5,:)'
p2 =
      8      8      7      6     10
      9      8      7      9      8
      8      8      9      7      9
      9      9      6      9      6
      9      5      9      5      8
      7      8      5      4      9
     10      7      6      6     10
      6      5      6      5      7
      9      6      8      6      9
      8      6      9      5      8
     10      8      7      8     10
      9      7      9      7      9
      8     10      6      7      9
      8     10      6      9     10
     10     10      9     10     10
      8      9      9     10      7
      7      6      7      7     10
      8      8      8      7     10
      8     10     10     10      9
      9     10     10     10     10

>> net=mycreat(7);
>> sim(net,p2)
ans =
      8.0918      7.6017      7.1337      5.0000      8.2094
```

Cependant, nous ne sommes pas satisfaits de ces résultats de l'IC, nous voulons que le MIC nous soumette des résultats que nous désirons avoir. Nous soumettons maintenant au MIC des données de sortie finales nécessaires à l'apprentissage. Ces données représentent les résultats désirés de chaque utilisateur de leur niveau de l'IC, pour que le MIC puisse les apprendre et reproduire nos résultats désirés. Les données désirées sont : $t = [7 \ 7 \ 6.5 \ 4.5 \ 7]$.


```

>> net=mycreat(7);
t =
    7.0000    7.0000    6.5000    4.5000    7.0000
>> net=mytrain2(net,p2,t);
TRAINLM, Epoch 0/100, MSE 41.2922/0, Gradient 7.85865/1e-020
TRAINLM, Epoch 10/100, MSE 0.583818/0, Gradient 2.26785e-016/1e-020
TRAINLM, Maximum MU reached, performance goal was not met.
>> sim(net,p2)
ans =
    7.0620    5.5925    7.4443    4.3537    7.1457
>> t
t =
    7.0000    7.0000    6.5000    4.5000    7.0000
>> t-sim(net,p2)
ans =
   -0.0620    1.4075   -0.9443    0.1463   -0.1457

```

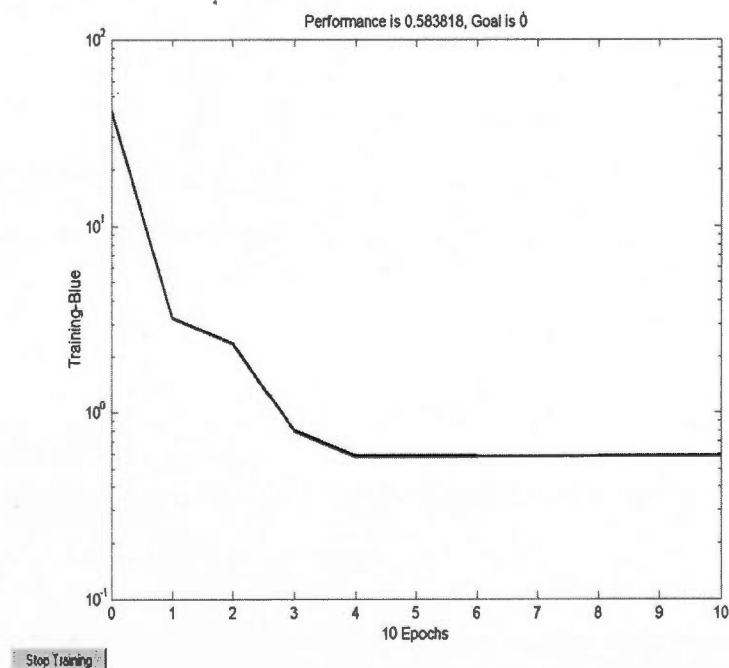


Figure 4.17 Résultat d'entraînement avec méthode 1

Après la deuxième simulation, le MIC commence à manifester sa capacité d'apprentissage. Cependant, il apprend très lentement, comme nous le constatons dans la Figure 4.17. Le MIC arrête d'entraîner après 10 passes (epoche), et il reproduit cinq résultats finaux qui diffèrent encore des résultats désirés. Par exemple, la première donnée désirée est 7, après l'entraînement, le MIC a eu 7.062, la différence est -0.0620. Ainsi, le message indique, après cet entraînement, que notre objectif de la performance d'entraînement du MIC n'a pas tout à fait atteint la valeur désirée.

Avec la deuxième méthode, nous entrons les mêmes données de cinq répondants, mais en utilisant l'algorithme 'tansig'. Cette méthode d'entraînement ne tient pas compte de l'équilibre du réseau et de la généralisation du MIC. Nous donnons également les mêmes données de résultats désirées pour les cinq utilisateurs au MIC, afin qu'il puisse les apprendre et les reproduire.

En appliquant la deuxième simulation au MIC, nous comparons les différences de la Figure 4.17 avec la Figure 4.18. Dans la Figure 4.18, nous constatons que, l'entraînement du MIC a pris 9 passes (epoche) en appliquant l'algorithme 'tansig'. Il apprend plus vite que l'algorithme 'pureline', et il reproduit exactement les cinq résultats finaux désirés. Les différences entre les données désirées et celles obtenus sont 10^{-20} . Cette différence est négligeable, et nous considérons que l'entraînement du MIC a atteint l'objectif souhaité.

```
>> net=mycreat(7);
>> net=mytrain3(net,p2,t);
|
TRAINLM, Epoch 0/9, MSE 45.2964/0, Gradient 13.567/1e-010
TRAINLM, Epoch 9/9, MSE 1.65969e-022/0, Gradient 4.16374e-012/1e-010
TRAINLM, Maximum epoch reached, performance goal was not met.

>> sim(net,p2)

ans =

    7.0000    7.0000    6.5000    4.5000    7.0000

>> t

t =

    7.0000    7.0000    6.5000    4.5000    7.0000
```

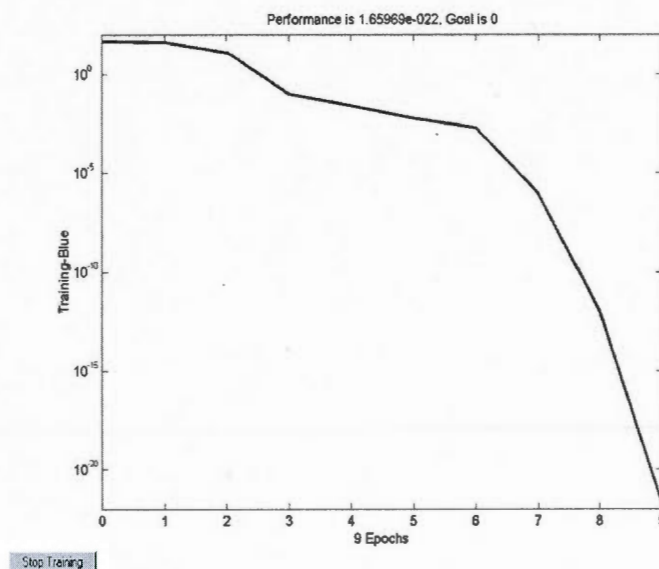


Figure 4.18 Résultat d'entraînement avec méthode 2

Cet exemple démontre que l'entraînement sur l'ensemble d'exemplaires d'apprentissage dans le MIC est très bien réalisé par un petit groupe de données, mais quand de nouvelles données sont présentées au MIC, l'erreur est potentiellement grande. Parce que le réseau mémorise les exemples d'entraînement, il n'a pas nécessairement appris à les généraliser à de nouvelles situations. Dans ce cas, nous pourrions avoir perdu l'équilibre et la généralisation du MIC. Cependant, la discussion des algorithmes d'apprentissage est au-delà de notre recherche actuelle. Nous porterons une attention particulière dans nos recherches futures sur la recherche d'un algorithme qui non seulement garantit la vitesse d'entraînement mais aussi l'équilibre et la généralisation du MIC.

4.9 Conclusion

Le processus de modélisation et l'application des techniques choisies comportent plusieurs étapes permettant de créer une représentation simplifiée du modèle computationnel d'IC. Ces processus appliqués permettent de passer du champ de la problématique au champ de solution. Nous avons présenté dans ce chapitre les étapes difficilement dissociables de l'adoption des stratégies de recherche. Ces processus de modélisation et techniques

appliquées représentent de nouvelles approches pour la conception d'un modèle de l'IC capable de mesurer et suggérer d'améliorer l'adaptabilité culturelle d'individus et d'organisations, en plus de les aider à prendre de bonnes décisions dans un environnement interculturel. Ces approches peuvent donc être appliquées à d'autres recherches similaires. Ce chapitre fait un lien entre le modèle computationnel et le système intelligent. Il introduit le modèle, représentant le cœur de la recherche, que nous allons implémenter dans un système intelligent présenté dans le prochain chapitre.

CHAPITRE V

IMPLÉMENTATION DU MODÈLE COMPUTATIONNEL

5.1 Introduction

L'appréciation de l'état de l'IC d'un individu ou d'une organisation par un système repose sur un modèle efficace de l'IC. Deux étapes sont alors nécessaires pour l'élaboration d'un tel modèle : sa conception et son implémentation. Nous avons élaboré le modèle computationnel de l'IC dans le chapitre précédent. Dans ce chapitre, nous montrons et expliquons comment les processus de conception et d'implémentation du MIC dans un système intelligent se basent sur des résultats de la neuroscience cognitive et les différentes théories de l'IC, présentées dans le Chapitre IV. Nous décrivons l'intégration et le déploiement du MIC dans un système expert, nommé Système Expert Neuro-Flou de l'IC (SENFIC). Nous détaillons également comment les différents modules s'harmonisent dans SENFIC, implicitement ou explicitement. Notre discussion sur l'implémentation du MIC dans ce chapitre ne couvre que son contexte fonctionnel.

5.2 Services attendus du système intelligent envisagé

- 1) Nous aimerions que le système soit capable d'acquérir, d'extraire et d'analyser les connaissances des experts afin de les exprimer d'une façon facilement compréhensible par les utilisateurs. Il devra également fournir des réponses suite à de simples demandes en langage naturel.
- 2) Le système devra agir comme une équipe efficace des meilleurs experts de la culture au service des individus ou des organisations, c'est-à-dire qu'il devra être capable de fournir des recommandations ou des explications dans un processus d'évaluation ou décisionnel, et ce, à tout moment où l'adaptation culturelle est nécessaire.

- 3) Le système devra avoir une interface conviviale qui permet aux administrateurs, gestionnaires et utilisateurs potentiels d'en effectuer la mise à jour.
- 4) Le système devra disposer d'une base de données culturelles afin de pouvoir traiter une grande quantité et variété de demandes culturelles provenant d'utilisateurs très diversifiés. Il devra avoir la capacité d'intégrer plusieurs sources d'informations pertinentes, pour supporter le processus d'évaluation et la prise de décision stratégique de l'IC. Ces services permettraient à un plus grand nombre de personnes de consulter le système pour trouver réponse à leurs questions d'ordre culturel.
- 5) Le système devra prendre la forme d'un agent intelligent, permettant ainsi son intégration dans (ou son interfaçage avec) un autre système intelligent existant, conférant à ce dernier une IC lui permettant de devenir culturellement intelligent.

Afin de bien répondre à ces souhaits, nous avons opté pour le développement d'un système expert intégrant le MIC comme noyau. La section suivante explique et justifie ce choix.

5.2.1 Système expert

La plupart des experts en IA s'accordent sur le fait que le développement de l'IA se préoccupe de deux idées fondamentales : 1) l'étude des processus de la pensée humaine pour comprendre ce qu'est l'intelligence; et 2) la représentation de ces processus de pensée pour une utilisation par la machine (ordinateurs, robots, etc) (Alter, 1992; Turban, 1993).

Feigenbaum et al. (1988), définissent un système expert (SE) comme un programme informatique intelligent utilisant des connaissances et des procédures d'inférence dans le but de résoudre des problèmes d'une difficulté telle qu'ils requièrent une expertise humaine dans le domaine concerné. Frenzel (1987) définit un SE comme un programme d'IA incorporant une base de connaissances et un moteur d'inférence. Le programme joue le rôle d'un conseiller intelligent dans un domaine particulier. Riche et al. (1991), définissent les SE comme des programmes qui résolvent des problèmes qui sont habituellement résolus par des

experts humains. Par cela, ils requièrent un accès à une base de connaissances adaptée qui doit être construite de façon efficiente. Ils doivent être capables d'expliquer leurs modes de raisonnement et de justifier les conclusions auxquelles les ils arrivent.

Les SE sont des systèmes logiciels conçus pour reproduire la prise de décision des experts humains (Chau, 1991; Steinberg et al., 1990). Contrairement à d'autres systèmes logiciels qui utilisent un raisonnement mathématique rigoureux pour effectuer la représentation, le calcul, et d'autres formes de manipulation de données, les SE représentent les connaissances à travers la manipulation de bases de données heuristiques. Les SE sont généralement dépendants des «règles d'or» élaborées pour amener le programme vers une solution viable (Steinberg et al., 1990). De plus, les SE reposent sur ses processus inférentiels, par opposition aux traitements répétitifs des systèmes standards.

Les connaissances d'un SE se compose de faits et de règles. Les faits forment un ensemble d'informations largement partagées, communément disponibles et généralement acceptées par les experts du domaine en question. Les règles de jugements, faisant l'unanimité, donnent de la cohérence et de la structure aux faits. Elles caractérisent le niveau d'expertise pour une prise de décision dans le domaine considéré. La performance d'un SE peut se mesurer principalement en fonction de la taille et de la qualité de la base de connaissances qu'il peut utiliser (Harmon et al., 1988). À travers l'ensemble de ces définitions, nous voyons apparaître les principales caractéristiques des SE. D'un point de vue conceptuel, leur but consiste à reproduire le raisonnement d'un expert humain dans un domaine particulier. Au niveau de la réalisation informatique, ils se fondent sur le principe de la séparation des connaissances, de la base de connaissances, du programme qui les traite et du moteur d'inférence. Pour atteindre ces objectifs, un tel système doit avoir la capacité de mémoriser des connaissances et d'établir des liens entre celles-ci. Ce système devra être en mesure de déduire des conclusions ou d'induire des causes à partir de faits et de traiter des connaissances.

1) Composants d'un SE

Tout d'abord, un SE comprend une base de connaissances du domaine qui contient à la fois des données passives, des faits, des données actives et des règles. L'ensemble des faits et

règles constitue la connaissance dont nous disposons sur un sujet donné, représentant ainsi l'expertise codée dans un langage de représentations de connaissances. Ensuite, il contient un moteur d'inférence qui constitue un composant raisonnant à partir de la base de connaissances dont il comprend le langage de représentation. Enfin, ce moteur d'inférence et la base de connaissances s'activent dans le cadre du dialogue entre l'utilisateur et le système. Ce qui permet au système de répondre 'intelligemment' aux requêtes de l'utilisateur en explicitant l'expertise disponible.

Le modèle de production repose sur l'idée que les êtres humains résolvent les problèmes en appliquant leurs connaissances (exprimé en tant que règles de production) à un problème donné représenté par des informations spécifiques à celui-ci. La structure de base d'un SE à base de règles est présentée à la Figure 5.1. Un SE à base de règles intègre cinq éléments : une base de règles, une base de faits, un moteur d'inférence, un module d'explication et l'interface utilisateur. Ces cinq composantes sont essentielles pour tout SE à base de règles.

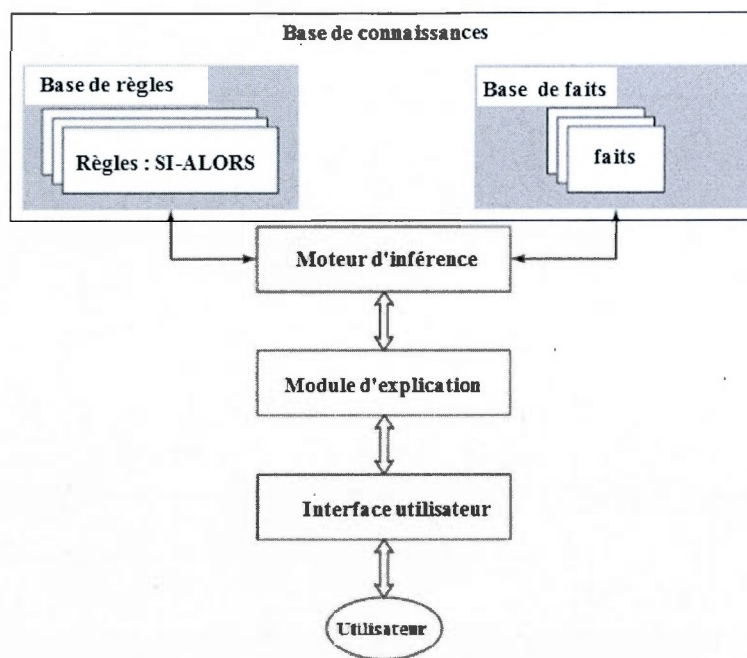


Figure 5.1 Structure de base d'un système expert (Negnevitsky, 2005)

- La base de connaissances contient les connaissances du domaine utiles pour la résolution de problème.
- La base de faits comprend un ensemble de faits qui seront utilisés pour l'appariement des prémisses des règles stockées dans la base de connaissances.
- Le moteur d'inférence effectue le raisonnement en faisant le lien entre les règles stockées dans la base de connaissance et les faits dans la base de données⁶.
- L'explication permet à l'utilisateur de demander au SE comment une conclusion particulière est atteinte et pourquoi un fait spécifique est nécessaire. Un SE doit être en mesure d'expliquer son raisonnement et de justifier ses recommandations, analyses ou conclusions.
- L'interface utilisateur est le moyen de communication entre un utilisateur cherchant une solution à un problème et un SE.

2) Cohérence des décisions

Un SE permet une standardisation des décisions. En effet, un expert humain ne demeure pas insensible à l'influence de son interaction avec l'environnement (fatigue, nervosité, humeur...), ce qui affecte par conséquent ses décisions, de sorte que l'expert peut paraître quelque fois incohérent. Le SE, au contraire, lorsqu'il est mis en présence des mêmes conditions statuera toujours d'une façon identique. La qualité du service se verra par conséquent améliorée par des décisions rapides toujours cohérentes, ainsi que par la réduction des erreurs pouvant être engendrées, par exemple, par des facteurs tels la fatigue d'un expert humain.

⁶ Si un expert a besoin de recueillir des informations, et essaie ensuite d'en déduire tout ce qui peut être déduit, il choisit le moteur d'inférence d'enchaînement vers l'avant. Toutefois, si un expert commence avec une solution hypothétique, puis tente de trouver des faits pour la prouver, il choisit le moteur d'inférence d'enchaînement vers l'arrière. Beaucoup de systèmes experts utilisent une combinaison des techniques d'inférence d'enchaînement vers l'avant et l'arrière. Cependant, le mécanisme d'inférence de base est généralement l'enchaînement vers le chaînage arrière. C'est seulement lorsqu'un nouveau fait est établi que l'enchaînement vers l'avant est utilisé, afin de maximiser l'utilisation de la nouvelle donnée.

5.3 Implémentation du MIC dans le SENFIC

Dans cette section, nous décrivons le processus d'implémentation de notre modèle (MIC) dans un SE que nous appelons Système Expert Neuro-Flou de l'IC (SENFIC). Comme nous le verrons plus loin, la base de connaissances de notre SE est essentiellement basée sur le MIC présenté dans le chapitre précédent. Le SENFIC permettra de diagnostiquer et d'interpréter le niveau d'IC d'une personne ou d'une organisation, ou encore de les aider à prendre des décisions sur des questions relatives à l'IC.

5.3.1 Avantages du système expert neuro-flou d'intelligence culturelle

Notre modèle computationnel utilise la technique hybride neuro-floue. La méthode d'implémentation du modèle intègre donc une combinaison de deux techniques intelligentes : la technique hybride neuro-floue et la technique du SE. Ces techniques permettent de construire l'organisation des entrées-sorties, basée sur les connaissances de l'IC humaine, sous la forme de règles floues SI-ALORS avec des fonctions d'appartenance appropriées et des données entrée-sortie stipulées pour dériver l'évaluation et la décision de l'IC. La technique de l'hybride neuro-floue forme le noyau du système d'informatique souple. Notre système se nomme ainsi, en référence à la combinaison de ces deux techniques : Système Expert Neuro-Flou d'Intelligence Culturelle (SENFIC). Le SENFIC se démarque au niveau de la précision des entrées des données culturelles et des sorties de recommandations logiques. Si nécessaire, il peut interagir avec l'utilisateur pour établir un fait particulier.

La technique de neuro-floue et la technique de SE partagent des objectifs communs dans le SENFIC. Toutes les deux tentent d'imiter l'intelligence humaine d'experts culturels. Cependant, elles utilisent des moyens très différents pour atteindre leurs objectifs. La technique de neuro-floue repose sur le traitement de données en parallèle et se concentre sur la modélisation du cerveau d'experts culturels humains, tandis que la technique du SE s'appuie sur des inférences logiques et se concentre sur la modélisation du raisonnement d'experts culturels humains. Avec SENFIC, le système expert traite le cerveau comme une boîte noire, alors que le réseau neuro-flou regarde sa structure et ses fonctions, en particulier sa capacité d'apprentissage. Ces différences fondamentales se reflètent dans la représentation

des connaissances d'IC et dans la technique de traitement des données culturelles utilisées dans le SE et le réseau neuro-flou (Voir les sections 4.5.2 et 4.5.3). Les connaissances d'IC dans le système expert basé sur les règles sont représentées par des règles de production SI-ALORS. Ces règles sont recueillies à l'aide d'entrevues d'experts culturels ou lors de la revue de la littérature. Cependant, l'inconvénient majeur est que les êtres humains experts culturels ne peuvent pas toujours exprimer leurs connaissances en termes de règles ou expliquer le processus de leur raisonnement. Cela pourrait donc empêcher le SENFIC d'accumuler des connaissances culturelles nécessaires et, par conséquent, amener le système à échouer. Pour surmonter cette limite, notre SENFIC procède de façons similaires à l'être humain en développant son propre processus de traitement. L'ingénierie des connaissances tente d'extraire des règles culturelles automatiquement à partir de données culturelles numériques grâce à l'application de la technique hybride neuro-floue, c'est-à-dire, que cette connaissance d'IC, obtenue lors de la phase d'apprentissage, est présente dans le réseau (Voir la section 4.7.2.5). Les connaissances d'IC sont alors stockées dans le réseau neuro-flou comme des poids synaptiques entre les neurones. La technique hybride neuro-floue, premièrement, extrait les connaissances culturelles cachées dans les grands ensembles de données culturelles utilisés pour obtenir des règles de l'IC pour le SENFIC. Deuxièmement, cette technique peut également être utilisée pour corriger ou réviser les règles culturelles de notre SENFIC basé sur des règles. En d'autres termes, le réseau de la technique hybride neuro-floue apprend des cas culturels historiques, où l'acquisition des connaissances culturelles est incomplète. De plus, le réseau peut affiner les connaissances culturelles et, où la connaissance culturelle est incompatible avec certaines données culturelles fournies, permettre de générer des règles culturelles automatiquement, évitant ainsi le processus fastidieux et coûteux de l'acquisition des connaissances culturelles, la validation et la révision des règles culturelles. L'apprentissage du réseau peut accélérer considérablement le processus et d'améliorer de la qualité des connaissances par l'ajout de nouvelles règles culturelles ou la modification de connaissances erronées.

Dans le SE, les connaissances d'IC peuvent être divisées en des règles d'IC individuelles. De plus, les utilisateurs peuvent voir et comprendre cette partie de connaissances d'IC appliquée par le système. Le SE ne peut pas apprendre, mais il peut expliquer comment il

arrive aux solutions d'IC particulières. Au contraire, dans le réseau neuro-flou, le système peut apprendre, mais nous ne pouvons pas sélectionner un seul poids synaptique comme une pièce discrète de la connaissance d'IC, parce que les connaissances d'IC sont incorporées dans l'intégralité du réseau. Le réseau ne peut donc pas se diviser en parties individuelles car n'importe quel changement d'un poids synaptique peut conduire à des résultats imprévisibles. En fait, notre réseau neuro-flou est une boîte noire pour les utilisateurs. En combinant le SE et la technique hybride neuro-floue, nous obtenons les avantages de chaque technique, créant ainsi un système expert puissant et efficace. Cette synergie améliore donc l'adaptabilité, la robustesse, la tolérance aux pannes et la vitesse de système de base de connaissances. Par ailleurs, cette synergie rend ce système plus «humain». Cette combinaison permettra de réaliser pleinement les aspects techniques, selon nos exigences de développement de notre système. Ainsi, en combinant les avantages de chaque technique, nous créons un système expert neuro-flou puissant et efficace.

5.3.2 Structure de base du SENFIC

La Figure 5.2 présente une structure de base d'un développement équilibré du SENFIC, essentiel à l'évaluation et aide à donner des recommandations des utilisateurs au sujet de test de classement. La structure comprend également deux autres aspects (Activités d'affaires et Expatriés) prédéfinis que nous aimerions approfondir dans de futures recherches afin de développer une version commerciale de SENFIC. Elle repose sur un esprit d'accueil et de tolérance et peut certainement profiter à tous les peuples, comme à tous les pays, en vue d'un développement partagé. Cette structure du système inclut 4 modules principaux : le module de *Base des Connaissances* (réseau neuro-flou), le module d'*Extraction de règles d'IC* (SI - ALORS), *Moteur d'inférence* et *Explication*. La structure a aussi 4 unités différentes : *Données d'Entraînement*, *Nouvelles Données de l'IC*, *Base de Données de l'IC Centrale* et *l'Interface Utilisateur*.

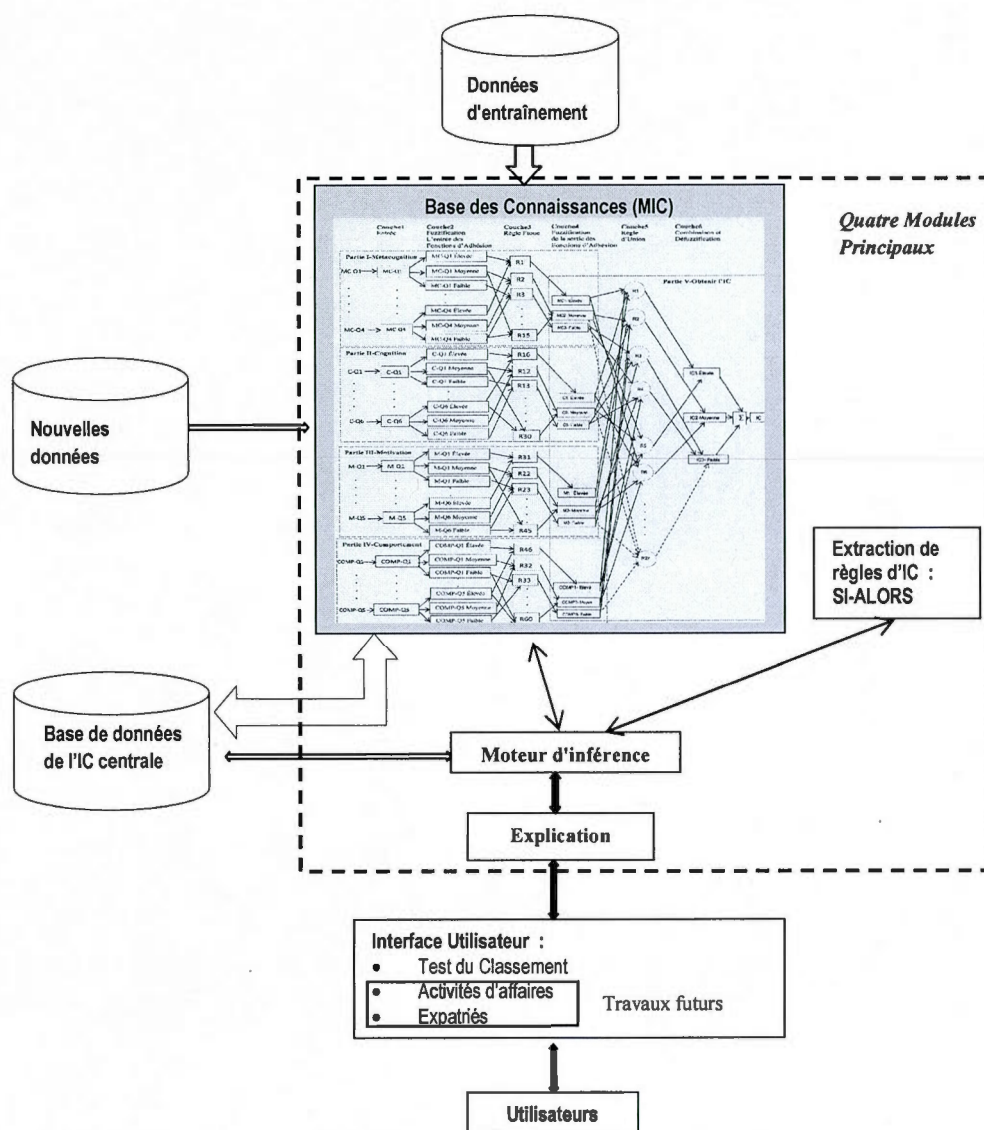


Figure 5.2 Structure de base du SENFIC

Le module de *Base des Connaissances* est représenté par le MIC hybride du réseau neuro-flou (Voir la Figure 4.11). Ce module est le composant de base du SENFIC et exprime la connaissance des experts en matière de règles, concernant le domaine de l'IC, permettant de résoudre les problèmes. Dans le prototype actuel, cette base contient les règles et les faits des 20 items du questionnaire d'Ang et al. (2008, 2010), de l'IC métacognitive, de l'IC cognitive, de l'IC motivationnelle et de l'IC comportementale, pour évaluer l'IC des

utilisateurs. Pour la version finale du SENFIC, quant à elle, la base des connaissances inclut les connaissances du domaine de l'IC qui sont utiles pour donner des suggestions au processus d'aide à la décision de façon à résoudre des problèmes de l'IC. Les 20 items du questionnaire représentent les connaissances comme un ensemble de règles. Elle comprend aussi un ensemble de faits utilisés pour assurer la correspondance avec les parties de règles SI (condition) stockées dans le module. Ce module supporte toutes les étapes nécessaires de l'évaluation ou la prise de décision dans le SENFIC.

Le module d'*Extraction de Règles* examine la base de connaissances neuronale et produit les règles implicitement «enterrées» dans le réseau neuro-flou. Notre SENFIC peut extraire des règles de type SI-ALORS du réseau neuro-flou, ce qui lui permet de justifier et d'expliquer sa conclusion.

Le module du *Moteur d'Inférence* est le cœur du SENFIC. Il contrôle le flux d'information dans le système et initie l'inférence dans la base de connaissances du réseau neuro-flou. Ce moteur d'inférence assure également le raisonnement approximatif. Le moteur d'inférence effectue le raisonnement selon lequel le système a atteint une solution. Il relie les règles déterminées dans la base de connaissances avec les faits fournis par la base de données.

Le module d'*Explication* exprime aux utilisateurs comment le SENFIC arrive à une solution particulière avec les nouvelles données d'entrée fournies. Il est capable d'expliquer son raisonnement et de justifier ses conseils, analyses ou conclusions. Ce module permet aux utilisateurs de demander au système de détailler comment une conclusion particulière est atteinte et pourquoi un fait spécifique est nécessaire.

La base des *Données d'Entraînement* sont des ensembles d'exemples d'entraînement pour entraîner le réseau neuro-flou. Chaque ensemble d'exemples se compose par la partie des données d'entrées et la partie des données de sorties (données désirées). Ces données désirées ont été offertes par des experts culturels.

Afin de souligner que le réseau neuro-flou a les capacités de mettre à jour et continuer d'apprendre, l'unité de *Nouvelles Données* intègre les nouveaux ensembles des données d'entrées utilisées pour l'entraînement du réseau afin que le SENFIC puisse devenir plus intelligent. Ces nouvelles données d'entrées façonnent le système comme des données d'entraînement, mais qui sont différentes des données qui ont été précédemment utilisées dans l'unité des *Données d'Entraînement*.

La *Base de Données Centrale* sera utilisée pour nos futures recherches dans le développement d'une version finale. Cette unité va contribuer largement aux connaissances lors de la collecte des données de différents types, notamment les pays et leurs différents aspects culturels, de façon à donner des décisions beaucoup plus précises et efficaces dans le cadre d'activités d'affaires ou de mission d'expatriés.

L'unité de l'*Interface Utilisateur* représente un outil de de communication significatif et convivial entre l'utilisateur qui cherche une solution à son problème et le SENFIC.

5.3.3 Réalisation du prototype du SENFIC

Lors de cette étape, nous avons développé un prototype du SENFIC. Idéalement, la conception du prototype du système doit considérer le développement futur. Dans nos recherches à venir, le SENFIC sera élargi, testé et révisé jusqu'à ce qu'il obtienne les résultats désirés par les utilisateurs. Notre prototype du SENFIC est une version sommaire du système final. Il est conçu pour tester la façon dont nous comprenons les problèmes de l'IC, donc de s'assurer que les solutions stratégiques aux problèmes de l'IC soient appliquées et qu'il nous donne également l'occasion de découvrir des erreurs ou des faiblesses. Il a été conçu dans un environnement caractérisé par le système d'exploitation Microsoft Windows XP Professionnel. Nous avons programmé en langage de programmation C, car il offre une plus grande flexibilité pour construire le prototype du SENFIC.

5.3.4 Vue d'ensemble du SENFIC

Pour bien représenter notre système, nous donnons une vision globale et simplifiée de son comportement fonctionnel. Nous exposons notre premier cas d'utilisation dans le

domaine du test de classement. Ce cas d'utilisation permet de structurer les besoins de l'utilisateur et les objectifs correspondants de notre système. Il se concentre sur l'expression des exigences du système. Par contre, il ne représente pas de solutions d'implémentation et ne présente pas un inventaire fonctionnel du système. La Figure 5.3 illustre un cas d'utilisation du SENFIC et montre l'identification de l'utilisateur et ses interactions avec le système.

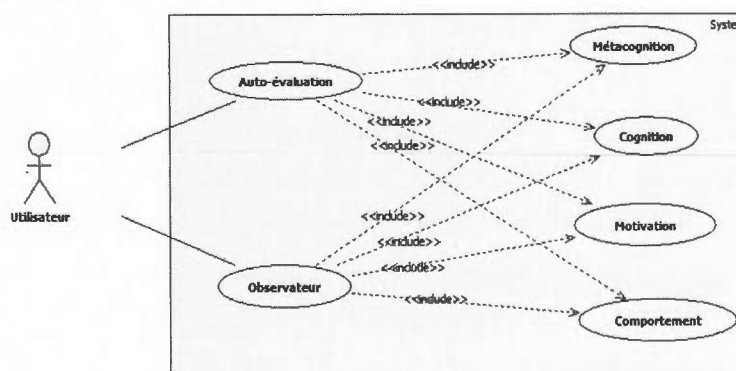


Figure 5.3 Cas d'utilisation - Test de classement

En réponse à l'action d'un utilisateur voulant évaluer son IC, le système fournit le résultat d'une évaluation précise qui correspond au niveau d'IC de l'utilisateur. Les deux autres cas de l'utilisation (le cas d'utilisation des activités d'affaires et le cas d'utilisation pour les expatriés) correspondent aux deux domaines d'application sur lesquels nous allons nous pencher plus en détail dans de futures recherches. Ces deux cas d'utilisation répondent à l'action d'utilisateurs des domaines d'activités d'affaires et des expatriés voulant poser des questions, en langage naturel, relatives à l'IC. Le système fournit des suggestions qui correspondent à leurs besoins. Ces trois cas d'utilisation représentent l'ensemble des actions réalisées par SENFIC.

5.3.5 Résultats de la réalisation du prototype

5.3.5.1 Prototype avec les 20 items du questionnaire

Notre prototype du SENFIC applique le questionnaire d'Ang et al. (2008), avec ses 20 questions. Le résultat de l'évaluation considère les stratégies de mesure des experts, et le SENFIC considère toujours les quatre dimensions représentées par 20 questions interdépendantes et corrélées entre elles. Cette évaluation est équivalente à celle faite par un expert culturel et confirmée par les évaluations réalisées par trois experts culturels du prototype du SENFIC.

Le processus d'évaluation de l'IC dans notre système se fait tout d'abord, par la réception par le système des données à propos des 20 items du questionnaire. Le système analyse et évalue ensuite ces données, relativement à l'IC, précisément en appliquant les stratégies des experts culturels. Puis, il donne le résultat de l'évaluation et propose des suggestions aux utilisateurs pour la formation à suivre. Ce système applique le processus en cycle, comme un expert humain le fait auprès de l'utilisateur.

Le résultat d'évaluation démontre que le SENFIC permet une meilleure interaction et une aide plus efficace dans l'évaluation. Les résultats d'évaluation précisent et définissent bien le problème exact de l'IC des utilisateurs. Ils présentent le travail requis pour régler les problèmes relatifs à l'IC face à diverses cultures. La Figure 5.4 illustre le SENFIC comme une boîte noire avec l'entrée des données, soit les réponses aux 20 questions du questionnaire d'Ang et al., et une sortie dévoilant le résultat avec explications à l'utilisateur, lorsqu'une conclusion particulière est atteinte, dans le domaine d'application de test de classement :

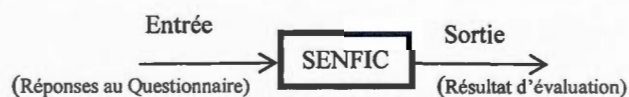


Figure 5.4 Entrée et sortie du SENFIC

Nous présentons le prototype du SENFIC qui évalue l'IC de l'utilisateur en trois étapes :

Étape 1 : Les données entrées sont les 20 items d'évaluation dans le questionnaire. Par exemple, une partie de réponse par un utilisateur se présente comme suit :

```

Please read each following statement and select the scale (0 to 10 ) corresponding to your capabilities.
=====
1) I am conscious of the cultural knowledge I use when interacting with people with different cultural backgrounds. =>8.7
2) I adjust my cultural knowledge as I interact with people from a culture that is unfamiliar to me. =>5
3) I am conscious of the cultural knowledge I apply to cross-cultural interactions. =>8
4) I check the accuracy of my cultural knowledge as I interact with people from different cultures. =>8
5) I am conscious of the cultural with five dimensions.=>8
6) I know the legal and economic systems of other cultures. =>8.7
7) I know the rules (e.g., vocabulary, grammar) of other languages. =>9
8) I know the cultural values and religious beliefs of other cultures. =>8.7
9) I know the marriage systems of other cultures. =>8
10) I know the arts and crafts of other cultures. =>8
11) I know the rules for expressing non-verbal behaviors in other cultures. =>8

```

Étape 2 : Quand un utilisateur répond au questionnaire et que le résultat du questionnaire est supérieur à 8, le système affiche ceci :

```

=====
Current time is Mon Oct 31 17:59:06 2011
=====
Your the newest results are :
8.2.
Congratulation!! The CQ Evaluation is excellent !!

```

Étape 3 : Lorsque le résultat du questionnaire est inférieur à 8, le système suggère à l'utilisateur de suivre une formation précise sur des points particulières, le SENFIC présente le résultat comme suit :

```

=====
Current time is Mon Oct 31 18:52:24 2011
=====
Your the newest results are :
6.3.
=====
In the future training, the Systems suggest you that you should pay more attention to the following aspects to improve your CQ ability:

A) In Motivational
1) confident socializing with locals in a culture that is unfamiliar to you .
2) deal with the stresses of adjusting to a culture that is new to you.

B) In Cognitive
1) plan how Im going to relate to people from a different culture before you meet them.
2) When coming into a new culture situation, immediately sense whether is going well or something is wrong.

C) In Metacognitive
1) adjust your cultural knowledge with people from a culture that is unfamiliar to you .

D) In Behavioral
1) changing verbal behavior eg, accent, tone when a crosscultural interaction requires it .

```

Le SENFIC peut être utilisé dans des programmes de formation de prise de conscience de soi. Le système fournit des informations importantes sur les capacités personnelles, et des informations sur l'IC propre des individus ou des organisations dans des situations de diversité culturelle. Les individus peuvent obtenir deux évaluations (soit l'auto-évaluation ou l'évaluation par observateur, voir la section 4.6) en utilisant les deux questionnaires de 20 items, afin de comparer les résultats. Les organisations pourraient également utiliser SENFIC pour former des employés ciblés pour des expatriations afin qu'ils soient mieux préparés. Le SENFIC peut être utilisé régulièrement par des individus ou des organisations désireuses d'accroître leur efficacité dans des milieux culturellement diversifiés.

5.3.5.2 Améliorations potentielles du prototype du SENFIC

Avec ses évaluations de l'IC des utilisateurs et ses suggestions de formation qui leur sont données à partir des 20 items du questionnaire, le prototype du SENFIC actuel peut facilement être migré vers un système final, afin qu'il fonctionne dans les trois domaines d'applications que nous avons mentionnés précédemment. L'acceptation finale du SENFIC dépendra bien sûr de la satisfaction de l'utilisateur. L'utilisateur ne doit pas seulement avoir confiance en la performance du SENFIC, mais il doit aussi être à l'aise de l'utiliser. Par conséquent, la conception d'une interface-utilisateur conviviale pour le SENFIC est également importante. La version finale interagira avec le monde réel en utilisant le langage naturel pour dialoguer avec l'utilisateur en temps réel, de façon à l'aider dans son processus de prise de décision. Une version simplifiée du système a été développée pour des recommandations en contexte d'expatriation. La Figure 5.5 illustre cette version du prototype qui permet de faire des recommandations à un utilisateur suite à une requête spécifique exprimée en langage naturel.



Figure 5.5 SENFIC appliqué dans le domaine d'application d'expatriation

Pour faire ses recommandations, une partie du prototype du SENFIC que nous avons réalisé montre que le système franchit cinq étapes pour aider les utilisateurs à prendre des décisions :

Étape 1 : Une demande ou une question en langage naturel est présentée au SENFIC.

We want to send a CEO to Japan, she is one of the best managers.
How about this decision?

Étape 2 : La sortie 1 du SENFIC donne une recommandation générale relativement à la demande de l'utilisateur :

```
japan (54, 46, 95, 92, 80, )
MAS is 95
=====
Current time is Sat Feb 11 14:34:17 2012
=====
There is a big cultural conflict in your situation!

***** Next Step *****
There are two options:
1) Quit from system.
2) Inquire the reasons about the conflict.
```

Étape3 : L'utilisateur a deux choix. Premièrement, si l'utilisateur est satisfait de la recommandation, il peut quitter le système tout suite. Deuxième, si l'utilisateur veut en savoir plus sur cette recommandation énoncée, il peut choisir l'option 2, afin que le système donne plus détails sur la recommandation suggérée.

```
=====
The reasons are:
JAPAN is a high Masculinity country.
If a country's Masculinity is high and
put a female in manager position,
Then your Metacognitive CQ is lower, and
such behaviours (or decisions) are taking a big risk !

***** Next Step *****
There are two options:
1) Quit from system.
2) Maybe you want to make some adjustment of your original decision.
2
Have you adjusted your decision?
y
```

Dans cette étape, le SENFIC offre aussi deux choix à l'utilisateur. Premier choix : si l'utilisateur est satisfait de cette explication, il peut quitter le SENFIC. Deuxième choix : si

l'utilisateur veut changer sa décision originale, basée sur la recommandation du SENFIC, il peut le faire.

Étape 4 : Après que l'utilisateur ait changé sa décision initiale, le SENFIC donne le résultat associé à ce changement. De plus, le SENFIC suggère une option à l'utilisateur lui permettant de réaliser une auto-évaluation générale afin qu'il puisse connaître ses faiblesses.

```

=====
This time is better than before,
but there are still some uncertain factors influencing your decision.
For making sure, maybe you need a whole CQ evaluation.

===== Next Step =====
There are two options:
1) Quit from system.
2) Complete the following form.

```

Étape 5 : sur la base des résultats de l'auto-évaluation, le SENFIC suggère des points particuliers sur lesquels l'utilisateur doit se concentrer afin d'améliorer sa capacité d'IC, et les suggestions sont présentées comme suit :

```

=====
Current time is Sat Feb 11 14:36:27 2012
=====
Your the newest results are :
5.5.
*****
In the future, the System suggests you that
you should pay more attention to the following aspects
to improve your Cultural Intelligence ability:

A) In Metacognitive
1) the cultural knowledge applying to cross-cultural interactions.
2) the cultural with five dimensions.
3) the accuracy of cultural knowledge with people from different cultures.

B) In Cognitive
1) the cultural values and religious beliefs of other cultures .
2) plan how Im going to relate to people from a different culture before you meet them.

C) In Motivational
1) confident socializing with locals in a culture that is unfamiliar to you .

D) In Behavioral
1) vary the rate of your speaking when a cross-cultural situation requires it .

```

La version finale du SENFIC permettra une meilleure interaction et offrira une aide plus efficace dans la prise de décision. Grâce à ses schémas culturels complexes et ses capacités d'analyse, le système peut aider les utilisateurs à identifier et à comprendre les questions clés dans le cadre de jugements et décisions culturels en leur donnant des explications correspondantes en langage naturel. Le SENFIC n'est pas spécifique à une culture particulière

(américaine, chinoise, etc). Il montre de grandes capacités d'adaptation culturelle par la modélisation de la démarche décisionnelle humaine dans des situations caractérisées par la diversité culturelle.

CHAPITRE VI

ÉVALUATION DU MODÈLE ET DU PROTOTYPE

6.1 Introduction

L'objectif fondamental de cette recherche est de créer un modèle computationnel d'IC qui soit extensible et ouvert, puis de l'implémenter dans un système intelligent pour évaluer efficacement l'IC des individus et des organisations. Cette étude propose également une nouvelle idée qui s'avère un moyen robuste pour exprimer les variables linguistiques (données souples) adressant à l'IC. Dans les deux chapitres précédents, nous avons proposé le modèle computationnel et l'avons implémenté dans un système expert culturellement intelligent et utilisé pour faire des recommandations dans le domaine d'application de la formation, avec le test de classement. Dans ce chapitre, nous rapportons les résultats des évaluations formelles que trois experts culturels ont réalisées, et nous expliquons comment nous avons atteint nos objectifs. Dans notre évaluation, nous nous intéressons uniquement à l'évaluation du modèle computationnel et du prototype de SENFIC. Cette évaluation est essentielle pour la recherche, considérant que la conception d'un modèle de l'IC non validé et la mise en œuvre d'une implémentation dans un système intelligent non éprouvé seraient inutiles et inefficaces.

6.2 Méthodes d'évaluation

6.2.1 Questionnaire pour les experts culturels

Notre protocole d'évaluation vise avant tout la validation du MIC proposé ainsi que l'intérêt de son usage dans un cadre concret. Il s'articule principalement sur une méthode faisant usage d'un questionnaire de 13 questions au total que nous avons produit. Le Tableau 6.1 énonce les points à évaluer et les données à obtenir à l'aide de la méthode que nous avons appliquée pour évaluer notre modèle et le prototype du système.

Tableau 6.1 Méthode d'évaluation

Méthode	Données		
Questionnaire aux experts culturels	Réponses au questionnaire, plus des commentaires des experts		
	1) Évaluer la version académique	Modèle computationnel	<ul style="list-style-type: none"> • Obtenir des données manuellement aux 20 items du questionnaire d'Ang et al., provenant de participants. • Présenter les résultats de ces réponses aux experts et démontrer que le SENFIC donne des résultats différents en comparant des réponses obtenues manuellement. • Laisser choisir les données au hasard par les experts pour tester la performance du SENFIC.
		Prototype du SENFIC	
	2) Évaluer l'extension du modèle computationnel et le prototype du SENFIC dans des domaines pré-spécifiés		<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de cas de test sélectionnés par les experts • Tester dans un domaine spécifique en langue naturelle. Le SENFIC analyse la décision et donne des recommandations.

Le questionnaire est divisé en deux grandes parties. La première partie représente l'évaluation de la version académique. Elle comprend les questions cognitives, spécifiquement concernant des questions relatives à notre recherche à propos du modèle conceptuel de l'IC, et celles relatives au domaine de l'informatique. Ces dernières questions touchent précisément la conception du modèle computationnel de l'IC et notre prototype de système. La deuxième partie évalue l'extensibilité du modèle computationnel. Elle permet d'évaluer si le modèle est extensible et permet d'ajouter d'autres fonctions afin d'augmenter ses fonctionnalités.

Nous avons utilisé deux types de questions pour rédiger notre questionnaire. Elles sont de types «ouverte» et «fermée». Les questions, relativement à l'aspect cognitif, sont formulées, premièrement, sous la forme «fermées». Ces questions fermées font référence aux questions avec choix de réponses. Ces questions incluent une liste prédéterminée de réponses possibles. Les experts doivent alors choisir parmi les réponses données. Nous avons spécifiquement choisi l'échelle d'intervalles à cinq niveaux gradués de «1 - Tout à fait en désaccord» à «5 - Tout à fait en accord». Deuxièmement, avec les questions sous forme «ouverte», les experts peuvent formuler leurs réponses. Ils peuvent donner des détails et fournir plus d'informations, de façon à nous aider à compléter les données du projet et à

enrichir l'interprétation. Pour l'aspect informatique, nous présentons seulement des questions de type «*fermé*» de dix niveaux gradués (de 1- pas du tout à 10 - fortement efficace).

Nous avons conçu le questionnaire pour couvrir complètement tous les aspects de notre recherche. Les questions se croisent, selon un agencement en spirale, étape par étape. Cette méthode nous sert à atteindre deux buts : premièrement, elle permet d'évaluer la performance du MIC; deuxièmement, elle permet de comparer l'évaluation selon deux ou plusieurs résultats différents et de trouver la meilleure façon de construire le modèle computationnel et le prototype du système. Alternativement, il permet comparer deux ou plusieurs variantes de concepts du modèle ou des variantes de fonctions dans le prototype du système.

Nous avons procédé à des évaluations analytiques avec trois experts dans le domaine de la culture au niveau des affaires internationales et des environnements multiculturels. Le livre de Tessmer (1993), «*Planification et conduite d'évaluations formatives*» avait été lui-même formellement révisé par un expert et évalué avec un test sur le terrain. La décision a été prise d'utiliser trois experts culturels dans notre recherche, car nous voulons non seulement avoir des points de vues différents, mais aussi ces trois évaluations fournissent un support fondamentalement plus solide pour l'évaluation de notre modèle et du prototype.

Ces experts ont évalué principalement six éléments: 1) *la pertinence de notre recherche*: le questionnaire montre l'importance de notre recherche sur l'IC. Cette recherche est unique, considérant son orientation conceptuelle. Il faut donc confirmer qu'il est important d'appliquer la théorie de l'IC dans notre modèle conceptuel; 2) *la pertinence de la contribution de notre nouvelle théorie de l'IC au domaine de l'IC*: le questionnaire se concentre spécifiquement sur la validation de notre nouvelle théorie de l'IC à propos du fait que les quatre dimensions de l'IC sont interdépendantes et corrélées. Pour la validité incrémentale, nous voulons savoir si notre nouvelle théorie augmente la variance de l'IC et apporte une contribution significative dans le domaine de l'IC; 3) *la pertinence du cadre de l'implémentation du MIC*: le questionnaire permet l'évaluation du cadre de l'implémentation de notre modèle neuro-flou; 4) *la pertinence fonctionnelle du modèle dans un contexte d'usage*: le questionnaire évalue notre prototype du système, c'est-à-dire, la mise en œuvre du modèle dans un système expert (SENFIC), sa faisabilité et ses fonctions de base, de

manière à déterminer l'efficacité du système; 5) *la pertinence de la capacité prédictive et des recommandations* : cet élément porte sur la validité prédictive, c'est-à-dire, dans quelle mesure le prototype du système prévoit précisément l'évaluation de l'IC des utilisateurs; 6) *la pertinence du modèle ouvert et extensible*: cet étape soutient l'évaluation de notre modèle computationnel extensible à la fois interne et externe. Nous nous limitons à trois domaines d'applications potentiels, soit les activités d'affaires, l'expatriation et la formation. En outre, cette évaluation confirme la validité de la direction de nos futures recherches. Nous évaluons si le système dispose des capacités permettant d'aider les utilisateurs dans ces domaines d'applications lors d'un processus décisionnel relativement à des situations marquées par la diversité culturelle.

6.2.1.1 Méthodes appliquées pour l'évaluation

Notre première méthode est l'évaluation empirique. Nous utilisons des données recueillies auprès de participants afin de tester le prototype du système. Le but de cette méthode est d'illustrer le fait que le système donnera des résultats et des solutions différents en comparant des différentes réponses au questionnaire d'Ang et al (2008, 2010), obtenues manuellement. Les participants représentent de véritables utilisateurs de notre prototype de système. L'objectif principal de cette méthode est de tester l'efficacité et la fonctionnalité du prototype du système. L'objectif secondaire est d'améliorer l'utilisabilité du prototype du système. Pour réaliser nos objectifs, nous avons donc, premièrement, réalisé l'évaluation traditionnelle en utilisant les données de 101 répondants (Voir la section 4.8), que nous avons séparés en trois groupes différents. Ces 101 utilisateurs ont répondu manuellement aux 20 items du questionnaire d'auto-évaluation d'Ang et al. (2008, 2010). En utilisant la méthode traditionnelle pour mesurer l'IC de chaque participant, nous avons cumulé les points totaux pour les 20 items de chaque questionnaire, et nous avons divisé par 20 pour calculer et obtenir la moyenne de l'IC de chaque participant. Ensuite, nous avons entré les mêmes données, provenant de ces 101 questionnaires, dans le prototype du SENFIC. Le SENFIC a produit les différents résultats de chaque participant.

La deuxième méthode est d'évaluer en comparant les résultats entre l'évaluation traditionnelle par questionnaire et celle du SENFIC. Nous avons pris certains cas réels provenant des 101 participants et nous les avons soumis aux experts pour réaliser la comparaison et évaluer les performances du prototype, de manière à justifier et à confirmer la fonctionnalité et l'efficacité du SENFIC.

La troisième méthode est la méthode fondamentale de notre processus d'évaluation, car le SENFIC exécute des processus associés aux experts culturels. Cette évaluation représente la mesure de l'utilisation de cas réels de l'IC de test sélectionnés au hasard par les experts, afin d'évaluer les performances du prototype en testant avec une variété de cas de l'IC. Dans cette démarche associée à cette méthode, les trois experts ne se limitent pas aux conditions préconçues que nous avons expliquées dans la deuxième méthode, pour évaluer le SENFIC. En d'autres mots, les experts n'utilisent pas uniquement les données offertes et présentées pour décider la performance du SENFIC. Subséquemment, sur la condition de l'approbation préliminaire pour confirmer la bonne fonctionnalité et l'efficacité de notre système, les experts ont adopté une approche plus rigoureuse, complète et exigeante pour tester le système. Ils ont entré, au hasard, des données par eux-mêmes, dans le SENFIC pour évaluer et juger la performance du SENFIC. Ces tests sont appliqués à la fois au prototype et, plus tard, au SENFIC final. Le but de cette méthode est de voir dans quelle mesure le prototype de système atteint les critères de performance qui ont été convenus. La variété et le nombre de cas testés ont un effet sur le niveau de confiance des experts en la validité de la performance de notre prototype de système.

6.2.1.2 Méthode appliquée pour évaluer l'extensibilité du modèle

La méthode utilisée pour évaluer l'extensibilité de notre modèle computationnel est que les experts se servent de cas sélectionnés dans les trois domaines spécifiques, tel que les domaines d'application des activités d'affaires, l'expatriation et la formation. Ils ont entré une requête en langue naturelle pour demander l'avis du système concernant certains problèmes réels d'IC. Dans le cadre de ces tests, le système prototype est présenté avec les mêmes données d'entrée. Les solutions du système sont alors comparées avec des solutions

originales. Cette méthode d'évaluation permet d'estimer autant le concept du modèle computationnel que de la mise en pratique du système.

Suite aux résultats obtenus lors de l'évaluation par les trois experts, la rétroaction permet de revenir au début du processus afin que les problèmes rencontrés puissent être abordés et que le MIC et le prototype du système soient raffinés. Cette évaluation enrichit notre modèle computationnel et améliore certaines fonctions exécutives du prototype. Dans l'état actuel, le SENFIC est capable de donner une évaluation efficace et précise aux utilisateurs, et de leur fournir les points essentiels afin d'améliorer leur capacité d'IC. Le SENFIC n'intègre actuellement pas suffisamment de connaissances culturelles pour aider les utilisateurs à prendre des décisions dans une variété de situations culturelles, mais il peut aider les utilisateurs à prendre des décisions dans certaines situations.

6.3 Résultats d'évaluation

Nous présentons et expliquons, dans cette section, les résultats d'évaluation s'appuyant sur nos méthodes présentées à la section précédente. Nous expliquons les résultats des trois experts et décrivons les objectifs de chaque point d'évaluation, question par question.

6.3.1 Évaluation du modèle conceptuel

Les questions 1 à 5 servent à valider la nouvelle théorie de l'IC proposée et le modèle computationnel. Le résultat de l'évaluation sur la question 1 est présenté dans le Tableau 6.2. Le but de cette première question est d'évaluer l'importance de l'IC, de valider que notre recherche est nécessaire et que le concept de l'IC est un nouveau sous-domaine dans le domaine de la culture. Cette théorie est très importante pour résoudre les problèmes dans les contextes interculturels.

Tableau 6.2 Résultat de l'évaluation-1

Aspect Cognitif	Question	Évaluations		
		Expert1	Expert2	Expert3
l'IC représente la conceptualisation d'une forme particulière d'intelligence portée sur la capacité d'adaptation d'un individu de saisir et de raisonner correctement face à la diversité ainsi que de fonctionner dans un nouveau cadre culturel (Ang et Van Dyne, 2008).	1. Le concept de l'IC est très important pour résoudre les problèmes associés aux situations diversifiées culturellement.	Tout à fait en accord	Moyennement en accord	En accord
		confirmé	confirmé	confirmé

La deuxième question valide notre idée d'utiliser une structure de l'IC quadridimensionnelle dans notre modèle conceptuel. Cette structure est basée sur la théorie d'Ang et Van Dyne (2008). Elle représente une vue d'ensemble des multiples aspects des recherches de l'IC. Le résultat d'évaluation sur la question 2 est illustré dans le Tableau 6.3 :

Tableau 6.3 Résultat de l'évaluation-2

Aspect Cognitif Ang et Van Dyne (2008)	Question	Évaluations		
		Expert1	Expert2	Expert3
1) IC métacognitive 2) IC cognitive 3) IC motivationnelle 4) IC comportementale	1. La meilleure structure de l'IC est celle des quatre dimensions d'Ang et al., métacognition, cognition, motivation et comportement.	Tout à fait en accord	En accord	En accord
		confirmé	confirmé	confirmé

La troisième question valide la nouvelle théorie cognitive que nous avons postulée, étant aussi une théorie essentielle dans le cadre de notre recherche, car nous l'appliquons dans notre modèle computationnel. Nous voulions savoir si notre théorie augmente la variance de l'IC et apporte une contribution importante dans le domaine de l'IC. Le résultat de la question 3 est affiché dans le Tableau 6.4:

Tableau 6.4 Résultat de l'évaluation-3

Aspect Cognitif Wu et al. (2012)	Question	Évaluations		
		Expert1	Expert2	Expert3
Nous déclarons dans notre recherche : 1) Qu'il faut considérer que l'IC métacognitive, l'IC cognitive, l'IC motivationnelle et l'IC comportementale. Elles sont quatre construits interdépendants composants l'ensemble de l'IC. 2) Qu'il faut considérer la corrélation entre ces quatre dimensions et tenir pleinement compte leur intégrité.	2. Ces quatre dimensions sont interdépendantes et doivent être considérées comme un tout.	Tout à fait en accord	En accord	Tout à fait en accord
		Résultats		
		confirmé	confirmé	confirmé

La quatrième question est de savoir, si la structure de l'IC à quatre dimensions interdépendantes est la meilleure structure pour mesurer efficacement et complètement l'IC des individus et les organisations. Les résultats de l'évaluation de la question 4 sont exposés dans le Tableau 6.5 :

Tableau 6.5 Résultat de l'évaluation-4

Aspect Cognitif Ang et Van Dyne (2008)	Question	Évaluation		
		Expert1	Expert2	Expert3
<ul style="list-style-type: none"> ○ IC métacognitive reflète la capacité mentale d'acquérir et de comprendre les connaissances culturelles. ○ IC cognitive reflète les connaissances générales et la structure des connaissances sur la culture. ○ IC motivationnelle reflète la capacité individuelle à diriger l'énergie vers l'apprentissage et d'adaptation dans des situations interculturelles. ○ IC comportementale reflète la capacité individuelle à poser des actions appropriées verbales et non verbales dans les interactions de cultures diverses 	3. L'évaluation des quatre dimensions (métacognition, cognition, motivation et comportement) mesure efficacement les capacités d'IC des utilisateurs.	Tout à fait en accord	En accord	En accord
		Résultats		
		confirmé	confirmé	confirmé

Nous pensons que les connaissances et les stratégies utilisées pour augmenter la capacité de l'IC n'appartiennent qu'aux experts culturels et aux chercheurs dans le domaine de l'IC.

Ces connaissances et les stratégies ne sont pas accessibles aux personnes ordinaires. C'est pour cette raison que nous voulons informatiser l'IC. La cinquième question sert à confirmer cette hypothèse que nous avons faite dans le domaine de l'IC. Le résultat de l'évaluation de la question 5 est exprimé dans le Tableau 6.6 :

Tableau 6.6 Résultat de l'évaluation-5

Aspect Cognitif	Question	Évaluation		
		Expert1	Expert2	Expert3
Les connaissances culturelles de l'IC sont confinées aux experts et chercheurs de l'IC. Ces connaissances ne peuvent pas être facilement accessibles aux personnes ordinaires car ils ne peuvent pas obtenir l'aide facilement d'experts culturels pour améliorer leur IC.	4. Actuellement, les connaissances relatives à l'IC ne se retrouvent que chez les experts culturels et les chercheurs.	En accord	En accord	Tout à fait en accord
		Résultats		
		confirmé	confirmé	confirmé

6.3.2 Évaluation du modèle computationnel et du prototype du SENFIC

L'évaluation du prototype de système commence à la question 6 et se termine avec la question 10. La sixième question permet de déterminer l'importance d'informatiser l'IC en utilisant des techniques d'IA, afin de faciliter l'accès aux connaissances relatives à l'IC aux personnes ordinaires, de manière à améliorer leur capacité d'adaptation face à la diversité culturelle. Le résultat d'évaluation de la question 6 est indiqué dans le Tableau 6.7 :

Tableau 6.7 Résultat de l'évaluation-6

Aspect Informatique	Question	Évaluations		
		Expert1	Expert2	Expert3
Informatiser l'IC permet de simuler une équipe efficace d'experts culturels qui serait constamment avec les individus ou organisations voulant avoir une formation et accroître leur efficacité dans les milieux culturellement diversifiés.	5. Pertinence d'informatiser l'IC	En accord	En accord	Tout à fait en accord
		Résultats		
		confirmé	confirmé	confirmé

Le Tableau 6.8 explique le résultat de l'évaluation de la question 7 qui évalue le prototype du système. Nous voulions premièrement valider le modèle computationnel.

Deuxièmement, nous désirons valider l'efficacité du prototype ainsi que sa capacité prédictive de l'IC des utilisateurs et montrer que ces prédictions sont comparables à celles des experts culturels. Le système final pourrait ainsi jouer le rôle des experts culturels.

Tableau 6.8 Résultat de l'évaluation-7

Question	Évaluations		
	Expert1	Expert2	Expert3
6. Le prototype du SENFIC montre que le modèle pourra performer efficacement dans ses prédictions.	8/10	7/10	10/10
	Résultats		
	confirmé	confirmé	confirmé

Le Tableau 6.9 montre le résultat de l'évaluation de la question 8 qui permet une évaluation générale du prototype. Nous voulions savoir, face à une demande de problèmes relatifs à l'IC, si le prototype aide les utilisateurs dans leur processus de prise de décision relativement aux interactions interculturelles.

Tableau 6.9 Résultat de l'évaluation-8

Question	Résultats de l'évaluation		
	Expert1	Expert2	Expert3
7. Le prototype du SENFIC illustre que le modèle est valide pour aider les utilisateurs lors de la prise de décision.	9/10	7/10	10/10
	Résultats		
	confirmé	confirmé	confirmé

Un des principaux de cette recherche est d'évaluer précisément et efficacement l'IC des utilisateurs. La neuvième question permet de déterminer si le modèle computationnel et le prototype sont valides. Le résultat de l'évaluation de la question 9 est indiqué dans le Tableau 6.10 :

Tableau 6.10 Résultat de l'évaluation-9

Question	Évaluations		
	Expert1	Expert2	Expert3
8. Le prototype du SENFIC présente une mesure modélisée valide de l'IC des utilisateurs.	8/10	7/10	10/10
	Résultats		
	confirmé	confirmé	confirmé

Le Tableau 6.11 exprime le résultat de la question 10, évaluant si notre prototype réalise son but essentiel et les exigences du modèle computationnel, c'est-à-dire, si le prototype du

système peut donner des suggestions utiles aux utilisateurs, pour augmenter leur capacité d'IC, en s'appuyant sur les résultats d'évaluations précises.

Tableau 6.11 Résultat de l'évaluation-10

Question	Évaluations		
	Expert1	Expert2	Expert3
9. Le prototype du SENFIC démontre que le modèle donne des suggestions efficaces aux utilisateurs.	9/10	7/10	10/10
	Résultats		
	confirmé	confirmé	confirmé

6.3.3 Évaluation de l'extension du modèle computationnel

Un autre but de notre recherche est de concevoir un modèle computationnel de l'IC extensible. Pour savoir si notre modèle atteint ce but, les questions 11 à 13 évaluent si ce modèle peut être facilement appliqué à une variété d'autres domaines pré-spécifiés. Le Tableau 6.12 montre un exemple précis de l'extension du modèle au domaine d'application *d'activités d'affaires* à l'international.

Tableau 6.12 Résultat de l'évaluation-11

Question	Évaluations		
	Expert1	Expert2	Expert3
10. Le prototype du SENFIC prouve que le modèle est efficace pour aider les utilisateurs dans le domaine d'application d'Activités d'affaires.	9/10	7/10	10/10
	Résultats		
	confirmé	confirmé	confirmé

Par exemple, le système peut donner des recommandations pour un projet d'investissement dans un pays étranger. Cette question illustre également la direction de nos futures recherches.

Comme pour la question 11, la question 12 permet de démontrer les capacités d'extensibilité du modèle computationnel. Nous avons pris un autre exemple dans le domaine de l'*Expatriation*. L'évaluation de l'extensibilité du modèle est affichée dans le Tableau 6.13. Cette question présente aussi une partie de nos travaux futurs. Par exemple, le système donnerait ainsi des recommandations aux dirigeants d'une compagnie désirant envoyer un manager dans un pays étranger.

Tableau 6.13 Résultat de l'évaluation-12

Question	Évaluations		
	Expert1	Expert2	Expert3
11. Le prototype du SENFIC prouve que le modèle est efficace pour aider les utilisateurs dans le domaine d'application d'Expatriation.	9/10	8/10	10/10
	Résultats		
	confirmé	confirmé	confirmé

La dernière question permet d'évaluer la fonctionnalité du domaine de la *Formation* avec le test de classement du prototype, de façon à s'assurer que l'utilisateur ait une base solide ainsi que les critères à appliquer pour son implémentation dans un contexte des formations. Les résultats de la rétroaction à la question 13 sont présentés dans le Tableau 6.14.

Tableau 6.14 Résultat de l'évaluation-13

Question	Évaluations		
	Expert1	Expert2	Expert3
12. Le prototype du SENFIC prouve que le modèle est efficace pour aider les utilisateurs dans le domaine d'application de Formation.	10/10	8/10	10/10
	Résultats		
	confirmé	confirmé	confirmé

Par exemple, après l'évaluation, le système peut suggérer des cours sur mesure adaptés au profil d'IC de l'utilisateur, à partir des résultats obtenus.

6.4 Explication des résultats d'évaluation

Selon les résultats présentés dans la section 6.3, nous pouvons affirmer que les experts ont reconnu la validité de notre modèle computationnel et du prototype SENFIC. Les évaluations ont démontré la réussite non seulement de notre modèle et du prototype, mais aussi que nous avons vraiment atteint notre but - de concevoir un modèle computationnel de l'IC et de le mettre en œuvre dans un système expert, afin d'améliorer l'adaptabilité des utilisateurs et de les aider à prendre de bonnes décisions dans les situations de la diversité culturelle. Dans cette section, nous expliquons les différences entre la mesure de l'IC manuelle et la mesure du SENFIC. Nous avons choisi 4 réponses types de comparaisons entre

l'évaluation traditionnelle par questionnaire et l'évaluation du SENFIC. Le questionnaire d'auto-évaluation d'Ang et al. se compose de quatre parties : les questions de Q1 à Q4 représentent la dimension métacognitive; les questions de Q5 à Q10 font référence à la dimension cognitive; les questions de Q11 à Q15 sont associées à la dimension motivationnelle et les questions de Q16 à Q20 illustrent la dimension comportementale. Le Tableau 6.15 démontre les résultats de ce rapport. Nous avons observé que le SENFIC produit des résultats différents de ceux d'évaluation manuelle pour chaque répondant.

Tableau 6.15 Comparaison entre l'évaluation manuelle et celle du SENFIC

Répondants	Questions 1-20																			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
Gr3-R14	0	0	2	2	4	5	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	9	10	10
Gr3-R25	9	9	8	5	4	4	6	4	2	2	10	9	10	10	9	9	8	9	5	6
Gr2-R5	8	7	7	9	4	6	3	3	5	5	5	4	3	5	6	7	7	8	8	10
Gr1-R33	10	8	9	6	7	6	9	5	5	7	10	10	10	10	10	6	0	0	0	0
Évaluations	Calcul de la moyenne										SENFIC									
Gr3-R14	6.0										1.0									
Gr3-R25	6.9										3.7									
Gr2-R5	6.0										4.3									
Gr1-R33	6.4										1.2									

Nous prenons, par exemple, le répondant 14 du groupe 3 (Gr3-R14), les réponses de 20 items du questionnaire sont: $Q_{1-20} = [0 \ 0 \ 2 \ 2 \ 4 \ 5 \ 6 \ 6 \ 6 \ 7 \ 7 \ 7 \ 7 \ 8 \ 8 \ 8 \ 8 \ 9 \ 10 \ 10]$. Nous pouvons constater que la partie de la métacognition de cette personne est faible (de Q1 à Q4). Selon l'évaluation manuelle, malgré la faiblesse métacognitive de cette personne, avec le cumul des points totaux, sa moyenne est de 6.0. Cependant, l'évaluation du SENFIC donne un niveau d'IC au répondant 14 de seulement 1, parce que le SENFIC considère la faiblesse métacognitive de la personne, en plus de sa corrélation avec les autres trois dimensions de l'IC. De cette manière, le SENFIC a appliqué la Règle 13 (*SI métacognition est faible ET cognition est moyenne ET motivation est élevée ET comportement est élevé ALORS IC est faible.*), le SENFIC présente ainsi un résultat d'évaluation plus bas que l'évaluation manuelle. La même explication sera appliquée également à d'autres répondantes ayant des faiblesses dans différentes parties : le répondant 25 du groupe 3 (Gr3-R25: la personne a une faiblesse dans la partie cognitive, de Q5 à Q10); le répondant 5 du groupe 2 (Gr2-R5: la personne est

plus faible dans la partie motivationnelle, de Q11 à Q15); et le répondant 33 du groupe 1 (Gr1-R33: cette personne s'avère plus faible au niveau comportemental, de Q16 à Q20).

La raison essentielle des différences entre les résultats du SENFIC et les résultats manuels est que le SENFIC possède des connaissances basées sur la solide expérience pratique des experts culturels humains dans le domaine de l'IC. Les connaissances des experts culturels et leurs stratégies se composent de deux parties : la partie des faits et la partie des règles. Cependant, les experts culturels ne sont pas en mesure d'exprimer leurs connaissances (les faits sous la forme de règles) pour évaluer l'IC dans le questionnaire. L'évaluation manuelle du questionnaire n'apporte donc que le calcul de la moyenne de l'IC selon la partie des faits. Elle n'applique pas les règles d'évaluation de l'IC des experts culturels humains. En d'autres mots, l'évaluation manuelle ne représente qu'une partie des connaissances des experts. Les règles de l'IC doivent aussi représenter l'expérience solide et les stratégies utilisées des experts durant le processus d'évaluation de l'IC. D'après nous, les résultats d'évaluation manuelle ne sont pas suffisamment précis dans la mesure de l'IC pour les utilisateurs. Quant au SENFIC, il utilise la technique de logique floue pour capturer, absorber, organiser et utiliser efficacement les connaissances complètes des experts de façon à maximiser l'expertise dans l'IC. Cela permet un encodage des connaissances sous une forme de faits et règles qui reflètent la stratégie que les experts culturels utilisent dans la résolution d'un problème complexe d'IC. Nous pouvons conclure, dans cette analyse, que la plus grande différence entre l'évaluation manuelle et le SENFIC est l'application des règles des experts humains ou non. D'ailleurs, les experts sont satisfaits des résultats d'évaluation donnés par le SENFIC, et ils sont tous confirmés que le SENFIC est capable d'effectuer l'évaluation de l'IC des utilisateurs aussi bien qu'un expert culturel humain.

6.5 Résumé de l'évaluation

Nous avons atteint nos trois objectifs principaux, suite à cette évaluation : la mesure de l'exactitude de l'inférence du modèle neuro-flou computationnel, la mesure de l'efficacité du prototype du système basé essentiellement sur ce modèle computationnel, ainsi que la mesure de l'extension de ce modèle computationnel. Nous présentons les réalisations détaillées comme suit :

- 1) Les experts valident notre nouvelle théorie de l'IC, reconnaissent le modèle conceptuel de l'IC et en sont satisfaits.
- 2) Notre modèle computationnel simule le réseau neuronal biologique des experts culturels.
- 3) Les experts ont convenu que la prise de décision dans le domaine de l'IC est trop complexe et trop incertaine pour se prêter à des méthodes analytiques précises. Ils ont confirmé que la technique neuro-floue tel qu'appliquée dans notre modèle computationnel résout bien les problèmes de l'IC.
- 4) Notre modèle computationnel est particulièrement bien adapté pour la modélisation des stratégies d'expert pour résoudre les problèmes relatifs à l'IC.
- 5) Les experts sont d'accord pour dire que notre modèle computationnel est basé sur l'intuition, le sens commun et l'expérience des experts culturels, plutôt que sur la disponibilité et la précision des données.
- 6) Les experts confirment que le modèle computationnel respecte la façon de penser des experts humains.
- 7) Les règles neuro-flous de l'IC représentent très bien les connaissances des experts humains. Ces règles respectent également la logique d'analyse, les jugements et la façon de penser d'experts humains.
- 8) Les experts reconnaissent la fonctionnalité et l'efficacité du prototype du SENFIC et ils en sont satisfaits.
- 9) Les résultats de l'évaluation de la performance du SENFIC correspondent aux critères et aux résultats d'analyses des experts humains.
- 10) Les experts sont tous d'accord que pour dire notre recherche fournit des techniques de soft-computing efficace et une solution significative d'un moyen de faire face aux 'critères souples' et aux 'données floues', souvent utilisés en IC.

11) Après la comparaison et l'analyse des résultats des 101 participants questionnaires complétés par des utilisateurs pour tester des cas réels au hasard, les experts ont confirmé que le prototype du SENFIC atteint notre objectif dans la modélisation de l'IC. Cette évaluation reflète non seulement que notre modèle computationnel a été bien conçu, il répond aussi aux exigences des experts culturels. L'analyse des résultats d'évaluation donnés par notre prototype du SENFIC démontre que ceux-ci correspondent très bien à une évaluation faite par des experts humains. De plus, les suggestions données par le SENFIC sont significatives. En faisant ce test avec de nombreux utilisateurs, le prototype du système confirme son efficacité et sa fonctionnalité. Le prototype du SENFIC a également prouvé qu'il est robuste, et que l'état du système est stable et fiable. De plus, cette évaluation prouve la cohérence entre le monde réel et le modèle artificiel.

6.5.1 Suggestions des experts et modifications

Après une utilisation du prototype, les trois experts nous ont donné des recommandations intéressantes afin d'y apporter certaines modifications. Nous avons colligé leurs suggestions et avons apporté quelques changements au SENFIC. Les résultats de ces modifications sont présentés dans le Tableau 6.16, ainsi que des suggestions faites par les trois experts pour de futurs travaux, de manière à aider à réaliser le SENFIC final.

Pour les experts culturels, le modèle computationnel est bien conçu et le prototype du système expert fonctionne d'une manière satisfaisante. Ce résultat nous confirme la possibilité d'élaborer le SENFIC final. Les trois experts sont tous d'accord sur le fait que le développement de SENFIC est un processus évolutif. À mesure que le projet avance, de nouvelles données et de connaissances culturelles sont recueillies et ajoutées au système afin d'améliorer sa capacité. Le prototype du système évolue ainsi progressivement vers le SENFIC final. Une autre évaluation sera faite lorsque nous soumettrons notre SENFIC final au monde réel, à des personnes de cultures différentes soumises à des interactions au niveau international.

Tableau 6.16 Suggestions des trois experts culturels et modifications apportées

Experts	Modifications demandées	Modifications apportées	Suggestions pour de futurs travaux
Expert1	1) Ajouter une liste de tous les pays dans la première page du prototype du système.	Nous avons ajouté la liste des noms de tous les pays	
	2) Les 20 items du questionnaire doivent se rafraîchir dans le prototype du système, chaque fois qu'un nouvel utilisateur veut évaluer son IC, afin que cet utilisateur ne soit pas influencé par le résultat d'un ancien utilisateur.	Le questionnaire ouvert dans le prototype du système ne montre maintenant plus les résultats d'anciens utilisateurs.	
	3) Ajouter l'heure (le temps réel) de chaque utilisation du prototype du système, de façon à consulter facilement l'historique d'évaluation des utilisateurs.	Nous avons ajouté l'heure en temps réel. De plus, notre prototype du système peut fournir les historiques d'évaluations.	
Expert2	Il faut enlever l'écran noir pendant l'exécution du prototype du système.	Nous n'avons pas modifié ce point. Pour l'instant, nous gardons l'écran noir, parce que le prototype du système est une petite version du SENFIC final. Nous allons raffiner ce point pour le système final.	1) Dans les travaux futurs, améliorer la puissance de la fonction de filtrage dans le système final, par exemple, avec un filtre des mots-clés dans une phrase naturelle. 2) Développer l'interface d'utilisateur, parce que c'est le moyen de fournir des informations aux utilisateurs. L'interface d'utilisateur devrait rendre facile l'obtention des détails dont les utilisateurs ont besoin.
Expert3	Dans les phrases de recommandations données par le prototype du système, la ponctuation n'est pas au bon endroit.	Nous avons amélioré la ponctuation	

CHAPITRE VII

DISCUSSION ET CONCLUSION

7.1 Discussion

Avant 2003, la plupart des recherches traitant de la culture cherchaient à décrire et expliquer les cultures en général et se limitaient à la culture elle-même. Elles ont donc répertorié le contenu de cultures, souligné les différences entre les cultures, et comment ces différences influencent les changements de comportements d'individus. Elles expliquaient également comment gérer et traiter les différences culturelles, et comment ces différences influencent le travail étranger. Peu de chercheurs ont cherché à saisir l'essence de la culture, se concentrant plutôt sur l'apparence extérieure de la culture, et sur des connaissances d'une culture particulière. Très peu ont abordé la culture selon la perspective de l'intelligence d'un individu cherchant à développer une capacité d'adaptation avec une variété de cultures. Dans le cadre des recherches relativement à la culture du point de vue de l'IA, la culture a été plutôt décrite en langage direct et ses différents aspects ont été simplement énumérés dans des systèmes intelligents. Ces systèmes enregistrent et mémorisent généralement différents scénarios culturels pour aider les individus à apprendre une nouvelle culture. D'après nous, la lacune de ces recherches précédentes est de ne pas cultiver ni développer la capacité d'une personne de s'adapter face à une nouvelle culture. Mais, comment devrions-nous faire face à un choc culturel ? Comment pouvons-nous nous adapter rapidement dans une nouvelle culture ? Quels sont les facteurs essentiels qui déterminent la capacité d'adaptation d'une personne face à une nouvelle culture ?

En 2003, Earley et Ang ont proposé pour la première fois le concept de l'intelligence culturelle, ainsi que la première structure de l'IC, avec trois dimensions, pour mesurer la capacité de l'IC d'un individu de faire face à une nouvelle culture.

En 2008, Ang et Van Dyne se sont basés sur la structure traditionnelle de l'intelligence de Sternberg and Detterman (1986). Ils proposent une structure de l'IC reposant sur quatre dimensions : métacognitive, cognitive, motivationnelle et comportementale. L'IC se présente donc comme un phénomène nouveau pour résoudre efficacement les problèmes de conflits culturels. Les individus ayant un haut niveau d'IC métacognitive savent dans quelles circonstances, à quels moments et comment utiliser leurs connaissances culturelles. Ils ne dépendent pas de leur cadre habituel de connaissances, mais ils choisissent plutôt à partir d'un cadre varié de connaissances, selon les différentes situations. Les individus pourvus d'une haute IC cognitive ont une meilleure compréhension des attentes précises de leur rôle culturel. Ils comprennent clairement les différences potentielles des attentes relatives aux rôles. Ils sont plus aptes à savoir avec justesse quels sont les comportements appropriés à leur rôle et à les adapter. Les individus possédant un haut niveau d'IC motivationnelle, sont plus disposés à exécuter leurs tâches, parce qu'ils sont prêts à investir beaucoup d'efforts pour atteindre les résultats anticipés du rôle, et ce même si, dans certains cas, le rôle est ambigu. Les individus affichant une haute IC comportementale ajustent leur propre comportement en fonction des attentes des autres, et obtiennent des performances supérieures dans la réalisation de leurs tâches.

Les recherches ultérieures à l'année 2003 portent sur l'IC en général, sur la capacité de comprendre les différences culturelles et d'agir d'une manière appropriée en selon divers contextes culturels. À la base de l'IC, il semble y avoir une synthèse de différentes intelligences, comme l'intelligence sociale et l'intelligence pratique. Il existe différents outils qui sont utilisés pour évaluer les différences culturelles et évaluer les niveaux d'aptitude culturelle qu'un individu possède. La plupart de ces outils pour évaluer les différences culturelles se présentent sous forme de questionnaires ou d'experts humains. Ces outils sont souvent critiqués pour leur manque de sources différentes pour obtenir des informations pertinentes, complètes et fiables. Par ailleurs, avec la complexité d'exécution d'évaluations de l'IC à l'aide de ces outils, il est difficile d'en arriver à des généralisations en IC, d'être en mesure de pouvoir être considéré culturellement intelligents selon les points de vue de chaque chercheur et d'atteindre les hautes exigences d'experts humains (qui doivent avoir les connaissances, les compétences spécialisées et la qualité psychologique). Toutefois,

l'ensemble des critères revus précédemment ont une base d'évaluation similaire, et les éléments identifiés pour évaluer l'IC sont liés. Nous pensons que l'IC, appliquée aux individus et aux organisations dans les activités interculturelles, devrait être informatisée.

D'après la revue de la littérature et selon ce que nous avons constaté, aucune recherche ne traite les connaissances en IC pour les exprimer dans un système intelligent. À notre connaissance, il n'existe pas de recherche à propos de la combinaison de l'IC et l'IA. La prémisse de ce travail est que nous constatons une lacune dans les applications de l'IA. Plutôt que de perpétuer une division stricte du travail technique et de la culture, nous combinons les approches d'ingénierie d'IA avec des connaissances relatives à l'IC. Un des objectifs de notre recherche est de promouvoir l'utilisation des techniques de l'IA dans le domaine de l'IC. Plus spécifiquement, nous désirons mettre en pratique les méthodes dominantes actuellement de design de modèle computationnel de l'IC et l'implémenter dans un système intelligent. Nous croyons que l'IA et les études de l'IC peuvent grandement bénéficier l'une de l'autre. Dans cette étude, nous découvrons l'utilisation de la perspective de l'IC au sein de l'IA comme une partie du travail technique. Nous nous sommes inspirés de l'IC, de manière à avoir un impact substantiel sur l'IA dans son ensemble. Nous nous sommes demandé à la fois comment l'IC peut être utile à l'IA, et quelle méthode concrète utiliser pour la combiner au domaine de l'IA. Nous pouvons découvrir comment nos notions de modèle partent d'une théorie et peuvent s'intégrer dans un contexte plus large de l'IC. Réciproquement, si la technologie que nous sommes en train d'implanter pour notre modèle est enracinée dans des façons de penser de l'IC, et en introduisant également de nouvelles façons de penser, nous pouvons présenter de nouveaux types de technologies et éventuellement les améliorer. Cette thèse existe à cause de l'écart entre ces deux disciplines, soit l'IA et l'IC, qui ne partagent presque rien dans leurs présuppositions, leurs méthodologies ou leurs valeurs. C'est donc l'idée que l'étude combinée de l'IC et de l'IA qui permet de découvrir les bases d'une nouvelle technologie. Nous analysons en particulier les techniques de pointe en IA et les études de l'IC, et nous découvrons les limites de ces deux disciplines. Nous utilisons cela pour développer un nouveau fondement méthodologique pour notre modèle computationnel pouvant combiner à la fois l'IC et des méthodes d'ingénierie de l'IA.

Dans notre approche pour cette thèse, nous avons sélectionné de nombreuses notions et des éléments clés dans la littérature, (celle de l'IA et celle de l'IC), c'est-à-dire ce qui doit être laissé de côté et ce qui doit être conservé, par le maintien de deux principes de base : 1) croire en la valeur de base de l'implémentation technique concrète en complétant le plus de travail possible associé à l'IC; 2) respecter la complexité et la richesse de l'IC et la façon de percevoir de l'humain, à la fois rationnelle et non rationnelle, à la fois technique et intuitive, car nous ne pouvons pas y échapper. La seule façon de construire ce modèle computationnel de l'IC est de le préciser exactement. Cela signifie qu'une partie essentielle de la construction du modèle est : a) de décider quelles sont les parties du modèle; et b) de décider comment ces parties doivent être interconnectées.

7.2 Contribution

L'IC est une capacité de l'être humain. Elle se manifeste lorsqu'une personne est soumise à des informations culturelles imprécises, incertaines et incomplètes. En fait, nous utilisons souvent l'IC en fonction de nos connaissances. Elle ne peut s'exprimer exactement sous forme numérique ni se démontrer d'une façon évidente en informatique. Notre première contribution est d'ailleurs de faire un pont entre l'IA et l'IC. Cette recherche comble une lacune à la fois de l'IA et de l'IC. Nous avons donc répondu à notre question de recherche en mettant en pratique la technique hybride neuro-floue et la technique du système expert pour concevoir un modèle computationnel de l'IC. Notre deuxième contribution est que, pour la première fois, l'interdépendance et l'importance des quatre aspects de l'IC ont clairement été identifiées. De plus, nous exprimons l'IC et la relation de l'interdépendance en utilisant les règles de la logique floue dans un ordinateur. Il s'avère ainsi que notre système intelligent SENFIC peut égaler un expert culturel dans le cas de problèmes étroits et définis du domaine de l'IC. Cette recherche permet de simplifier et de libérer les chercheurs œuvrant dans le domaine de la culture de tâches lourdes, complexes, répétitives faites normalement manuellement pendant le processus d'évaluation l'IC. Le SENFIC permet d'atteindre dans ce domaine d'application un meilleur niveau de performance que celui des experts humains. Il peut évaluer, et recommander des formations sur mesure pour les personnes et les aider à la prise de décision lorsqu'elles sont confrontées aux différences culturelles. Cette recherche se situe donc à la fine pointe des connaissances. Elle est clairement à l'avant-garde de la

recherche culturelle sur ordinateur. Pour présenter nos contributions, avec cette thèse, nous les présentons par discipline, soit les sciences cognitives et l'intelligence artificielle.

7.2.1 Contribution aux sciences cognitives

Dans le domaine cognitif, nous améliorons l'application du fonctionnement de la théorie de l'IC. Nous rendons cette théorie plus complète, plus efficace et plus précise dans son application. Notre contribution prédominante dans la perspective de l'IC est que, premièrement, nous avons accepté la prémisse sur les différences et les influences entre les différentes cultures, et nous avons trouvé les points communs de la culture, à partir de la théorie d'Earley et Ang (2003), et d'Ang et Van Dyne (2008, 2010). Nous avons observé l'apparence extérieure de la culture et approfondi sa compréhension jusqu'à étudier la capacité d'une personne de s'adapter et de surmonter les différences culturelles. Deuxièmement, nous avons expliqué quels sont les facteurs jouant un rôle décisif dans le processus d'adaptation et de gestion face aux situations marquées par les différences culturelles.

La revue de la littérature démontre que certaines recherches soulignent l'IC mentale. Certains chercheurs pensent ainsi que la dimension comportementale est plus importante que les autres dimensions. Certains se concentrent plutôt sur la vigilance. Traditionnellement, les recherches ont produit des questionnaires pour évaluer l'IC et les effets des quatre dimensions séparées. Les résultats sont toutefois locaux et pas nécessairement concluants. Donc, notre troisième contribution au domaine cognitif est de considérer l'IC comme une entité. Notre idée initiale est que l'IC devrait être représentée comme une intelligence vivante et avoir une structure globale. Nous considérons que l'IC métacognitive, l'IC cognitive, l'IC motivationnelle et l'IC comportementale sont les quatre dimensions d'une importance égale. Elles sont également interdépendantes et associées entre elles. Il existe une corrélation entre les quatre dimensions et il faut tenir pleinement compte de leur intégrité dans l'ensemble de l'IC. Nous pensons que nous devons mesurer l'IC en considérant ces quatre dimensions ensemble. Elles ne sont pas des éléments épars, elles forment un tout. Nous croyons que leur processus est dynamique et se répète de manière cyclique. Nous croyons que, pour améliorer l'IC, ces quatre dimensions doivent démontrer des liens entre elles-mêmes dans le processus

de l'évaluation, plutôt que se limiter à une seule dimension particulière ou faire une seule séquence pour terminer le processus. Nous avons donc confiance en ce processus dynamique et cyclique pouvant stimuler la capacité de l'utilisateur en l'IC, et améliorer sa compétence tout en conduisant une analyse efficace, complète et juste.

7.2.2 Contribution à la discipline de l'IA

Dans le domaine de l'IA, nous avons informatisé l'IC et fait un pas en avant, de manière à rendre accessible un nouveau sujet et à élargir la gamme d'intelligences dans le domaine computationnel.

7.2.2.1 Modèle computationnel

L'idée de la conception de notre modèle computationnel se base sur notre théorie de l'IC. Nous nous concentrons donc sur la conception d'un modèle complet et général de l'IC, pouvant évaluer les personnes dans un même contexte culturel pour déterminer quelle personne démontre le mieux les caractéristiques associées à l'IC. Le modèle computationnel est à la fois symbolique et connexionniste. Il est conçu à la fois sur la base de concepts cognitifs et des concepts d'ingénierie des systèmes intelligents. Le modèle possède un haut niveau d'intelligence intégrant les quatre dimensions de l'IC, car il respecte les concepts cognitifs d'Ang et Van Dyne (2008, 2010) et applique également notre théorie de l'IC stipulant qu'il existe une corrélation entre les quatre dimensions et qu'il faut tenir compte de leur intégrité dans l'ensemble de l'IC, ainsi que les autres aspects importants de l'IC dans le modèle computationnel.

Notre modèle fournit une nouvelle façon de penser en appliquant des techniques de l'IA, comme la logique floue, pour exprimer des règles de l'IC efficaces et pour régler le problème de la description des expressions du langage naturel et de la logique associée à l'IC, de manière à rendre cela compréhensible pour l'ordinateur. Nous avons utilisé également une autre technique, le réseau de neurones. Inspiré par les réseaux de neurones biologiques, cette technique donne à notre modèle la capacité d'auto-apprentissage. Son application offre une plus grande interaction naturelle avec le monde réel. Il apprend à partir de cas passés, il s'adapte aux changements dans l'environnement d'un problème de l'IC, il établit des

tendances dans des situations où les règles de l'IC ne sont pas connues, et il traite des informations floues ou incomplètes. Il extrait donc des règles de l'IC et permet de générer ces règles automatiquement à partir de données numériques. Ceci évite ainsi les fastidieux et coûteux processus d'acquisition de connaissances, de validation et de révision des règles de l'IC. Grâce à ces capacités, il peut également mettre à jour ses règles pouvant contribuer au processus d'évaluation. Il a aussi la capacité de stocker et d'accéder aux informations détaillées pouvant être mises à la disposition des utilisateurs dès qu'elles deviennent pertinentes. Il offre donc de meilleurs mécanismes d'apprentissage et la capacité d'imiter l'intelligence humaine.

Notre modèle est tout d'abord extensible, étant donné qu'il permet l'ajout de ressources dans le but d'augmenter ses fonctionnalités ou d'ajouter d'autres fonctions dans le modèle. Par exemple, en passant d'une version académique à la version commerciale, des fonctions telles que l'activité d'affaires et le support à l'expatriation pourraient être ajoutées. Notre système peut donner des recommandations efficaces lors du processus de prise de décision. Grâce à des capacités d'auto-apprentissage, il peut mettre à jour ses règles de l'IC du processus de prise de décision. Deuxièmement, le modèle est ouvert de l'intérieur, étant développé en utilisant une interface et une norme standard pour le développement secondaire, ce qui facilite le développement d'applications et de fonctionnalités afin de perfectionner le modèle. Troisièmement, le modèle a la capacité de s'adapter dynamiquement à des changements et à des demandes spécifiques quant aux rôles et aux capacités d'IC des utilisateurs, afin de répondre aux exigences d'utilisateurs. Quatrièmement, le modèle est ouvert à l'extérieur, car il s'implémente facilement dans n'importe quel système intelligent, permettant ainsi à ce système d'aider des individus ou des organisations à prendre des décisions lorsqu'ils font face des situations de différences culturelles.

Bien que notre modèle computationnel soit innovateur pour le domaine de l'IC, il ne constitue qu'un exemple d'une voie technologique réalisée grâce à la synthèse de l'IA et des études de l'IC. Elle n'est donc pas la seule voie possible. En raison de la grande différence entre l'IA et l'IC, il est inévitable que leur intégration inclue des éléments auparavant inconnues à l'une ou l'autre de ces disciplines, et laisse de côté les choses propres à l'une ou l'autre. De nouveaux sujets et de nouvelles orientations de recherche pertinentes à cette

recherche sont apparus. Par exemple, notre modèle a intégré d'autres sujets durant leur processus de la modélisation. De plus, notre recherche a inspiré et élargi l'étendue des possibilités d'intelligence computationnelle. Par exemple, la technique de soft-computing et la façon de traiter les données souples que nous avons appliquées dans notre modèle, peuvent s'adapter à la modélisation hors du domaine de l'IC, pour l'amélioration de concepts de modèles, tels que, le domaine financier et le domaine de l'intelligence d'affaires.

7.2.2.2 Système expert de neuro-flou d'intelligence culturelle

Le modèle s'appuie sur l'ingénierie des concepts d'IA dans ses solutions de conception et d'implémentation du système intelligent. Notre modèle est implémenté dans un système expert afin de réaliser un prototype permettant de prouver les aspects opérationnel et pratique.

Au niveau méthodologique, plutôt que de concevoir un système intelligent comme une entité indépendante et autonome, nous le plaçons dans le contexte culturel pour que les personnes puissent interagir avec lui. Le design de notre SENFIC fait référence à un humain d'une façon auto-platonique. Ses quatre modules peuvent correspondre aux trois éléments principaux d'une représentation d'un être humain : «l'esprit», «le cœur» et «le corps». Son «esprit» (le cerveau) du système est la base de connaissances, il est représenté par le modèle computationnel, il pense constamment pour se demander s'il comprend ce qui se passe et s'il y a une stratégie pour répondre relativement à une nouvelle culture. Son «cœur» est représenté par le module d'extraction de règles et le module du moteur d'inférence qui a la motivation de réagir face à une nouvelle demande relative à l'IC. Son «corps» se réfère au module d'explication, qui démontre ses comportements par une réponse appropriée et efficace pour les utilisateurs.

Au niveau technique, plutôt que de diviser le prototype du système en parties plus ou moins indépendantes, nous plaçons explicitement les modules du système l'un par rapport à l'autre grâce à l'utilisation de la médiation des transitions. Le système est muni d'une architecture distribuée et modulaire s'appuyant sur le mécanisme de la «conscience» culturelle fonctionnelle dans la majeure partie de son fonctionnement. Les modules communiquent et se partagent des informations entre eux. Notre SENFIC combine donc toutes les caractéristiques importantes et tous les éléments se complètent mutuellement afin

d'obtenir un système intelligent globalement solide d'IC. En outre, la procédure du système commence par l'identification des informations culturelles. Ensuite le système a la capacité d'acquérir des informations et de traiter ces informations, puis, il a la capacité d'enrichir la base de connaissances. Le système a la capacité d'observer et de comprendre le comportement et enfin il a la capacité d'adapter le comportement appris basé sur certains contextes culturels dans lesquels un utilisateur se situe. Généralement, les composants dans le SENFIC incluent la base des connaissances, le module d'extraction de règles, le module du moteur d'inférence et le module d'explication.

Du point de vue de l'extensibilité et la réutilisabilité, notre SENFIC pourrait être combiné ou intégré dans tout type de systèmes intelligents concernant les sujets culturels. Notre SENFIC est conçu pour réaliser ses activités complexes sans l'intervention d'un autre programme ou d'une personne. La caractéristique du système est qu'il constitue un environnement interactif permettant d'explorer indépendamment son environnement afin d'accompagner l'utilisateur dans ses démarches de formation d'IC ou de décisions relativement aux différences culturelles. Notre SENFIC, autonome, est capable de percevoir et d'agir sur son environnement virtuel, il peut prendre des décisions sur ce qu'il faut faire en fonction de ce qui se passe autour de lui, et cela sans nécessairement consulter un être humain. Notre SENFIC est également empreint de rationalité, défini comme l'établissement d'objectifs pour lui-même et la réalisation de ceux-ci d'une façon raisonnablement constante dans un environnement complexe. Notre SENFIC a également la capacité de se présenter comme un agent d'extension permettant l'intégration à n'importe quel système intelligent existant, permettant à ce système de devenir culturellement intelligent. Les algorithmes et la technique utilisés pour réaliser notre SENFIC peuvent donner des éclaircissements et pourrait également être appliqués dans d'autres domaines, afin d'améliorer les performances de systèmes.

7.3 Limites de cette recherche

Dans cette recherche, un modèle computationnel neuro-flou et un prototype du système SENFIC pour traiter des problèmes relatifs à l'IC ont été introduits. Cependant, cette recherche reste en chantier. Au niveau du modèle, bien qu'il intègre un plan détaillé et un

niveau d'intelligence très élevé pour régler les problèmes liés à l'IC, nous avons fusionné seulement deux techniques d'IA (logique floue et RNA). Nous espérons qu'éventuellement notre modèle computationnel pourra appliquer et combiner plus de techniques associées à l'IA, tel que les algorithmes génétiques (AG) et le "data mining". Le modèle est aussi limité dans sa version académique. Il a une capacité limitée de traiter d'autres domaines d'applications tels que le domaine des affaires et celui de la formation.

Concernant des limites diversifiées, notre système utilise le questionnaire d'Ang et al. comme données en entrée pour analyser et évaluer l'IC d'utilisateur. Mais, d'après nous, ces 20 items du questionnaire sont très généraux et très abstraits. Le questionnaire ne pose pas de questions précises et détaillées. Les questions posées sont limitées pour couvrir les quatre dimensions de l'IC. Suivre simplement ce questionnaire ne reflète peut-être pas complètement l'évaluation de l'IC. Nous désirons ajouter d'autres questions au questionnaire dans le cadre d'autres recherches relatives à l'IC. Cependant, pour que nos nouvelles questions soient représentatives du domaine de l'IC, la quantité de participants devient très importante pour assurer la qualité des résultats de notre questionnaire. Nous devons avoir un pourcentage représentatif de la population pour tester un tel questionnaire. Ce travail nous aurait donc amené à réaliser une autre recherche supplémentaire pour obtenir une analyse de données représentative. Ainsi, dans la présente recherche, pour ne pas élargir notre travail statistique et avoir à valider nos nouvelles questions, nous nous sommes concentrés sur le questionnaire d'Ang et al. (2008, 2010).

Une autre limite de notre recherche est aussi relative au questionnaire de l'IC. Dans notre SENFIC, la langue utilisée dans le questionnaire est l'anglais. Il est donc exigé de chaque utilisateur qu'il sache lire et écrire en anglais. Tous les utilisateurs ont reconnu qu'ils savaient lire et écrire dans la langue anglaise avant d'utiliser ce système. Toutefois, certains utilisateurs pourraient avoir eu des problèmes avec certains mots dans le questionnaire, notamment pour les utilisateurs n'ayant pas l'anglais comme langue maternelle. Dans ce cas, le système n'aurait peut-être pas offert des informations justes à ces participants dans l'évaluation de leur l'IC.

Nous pouvons souligner d'autres limites diverses dont nous devons tenir compte dans le cadre de cette recherche. Celle-ci se limite à seulement la version académique, parce que nous disposions de temps et de ressources limités pour le réaliser. Pour les mêmes raisons, nous avons volontairement exclu le développement d'autres domaines d'applications, par exemple, l'expatriation. Toutefois, en réalisant une partie du prototype du système avec la capacité de traiter en la langue naturelle, ce résultat nous démontre un avenir prometteur. Nous pouvons prévoir que notre futur système pourrait bien fonctionner avec notre modèle computationnel, en s'appuyant sur une base de données très puissante.

Malgré ces quelques limites, la rigueur des démarches théoriques et pratiques de cette thèse confèrent aux résultats une validité certaine. L'ensemble de toutes les étapes assurent ainsi une plus grande validité au modèle computationnel et le prototype du système obtenus. Bien que notre prototype du système soit un outil plus particulièrement conçu pour évaluer et améliorer l'IC, l'emploi du modèle computationnel est généralisable à d'autres applications nécessitant de l'IC.

7.4 Recherches futures

Bien que cette recherche soit préliminaire, notre approche est une première étape en vue d'aider les individus et les organisations à améliorer leurs capacités et leur adaptabilité dans les activités interculturelles, et en fournissant un soutien automatisé intelligent dans le domaine de l'IC. Cependant, pour repousser certaines limites citées précédemment, nous avons l'intention de continuer d'expérimenter afin d'explorer davantage les conclusions préliminaires et de considérer différents points. Les plans de travaux futurs incluent les démarches suivantes à réaliser:

- 1) Nous aimerions développer notre SENFIC comme un système commercial destiné au marché international. Nous voulons que le SENFIC fournisse une base solide à des implications pratiques, intéressantes et importantes pour des individus et des organisations dans la formation, les interactions, le développement et la sélection des employés afin d'améliorer le bien-être, la performance, l'ajustement et la prise de décision au travail ou hors du travail dans le cadre de situations culturellement

diversifiées domestiques où à l'international. Nous tirons profit de ces perspectives dans le développement de la technologie de notre système, afin de générer un système intelligent d'IC qui peut intégrer de nombreux comportements, tout en maintenant la cohérence intentionnelle dans les activités observables, simplement parlant. Cela apparaît plus efficace.

- 2) Pour passer de la version académique à la version commerciale, nous devons continuer de développer les trois domaines d'applications (les activités d'affaires, l'expatriation et la formation) d'une façon plus complète. Premièrement, ce développement s'appuiera sur une base de données très puissante. Deuxièmement, nous désirons améliorer la fonction du SENFIC dans son dialogue en langage naturel avec les utilisateurs.
- 3) Nous comptons également, suite aux suggestions des experts culturels, compléter les deux tâches suivantes : a) améliorer la puissance de la fonction de filtrage dans le SENFIC; et b) développer une interface-utilisateur plus conviviale, facilitant ainsi l'obtention des détails nécessaires des utilisateurs.
- 4) Nous avons constaté que la construction du SENFIC final requiert beaucoup plus que le développement d'un système de raisonnement, nous devons mettre suffisamment de règles d'IC dans le SENFIC. Le SENFIC fusionne les règles, rendant alors le système plus puissant pour résoudre des problèmes culturels difficiles et non linéaires. Ainsi, nous devons poursuivre les travaux à propos des règles d'IC pour le SENFIC.
- 5) Pour une évaluation de l'IC la plus large possible avec le SENFIC, nous souhaitons ajouter d'autres questions plus précises, plus détaillées et plus complètes au questionnaire d'Ang et al. (2008, 2010), de manière à mieux refléter l'état de l'IC des utilisateurs.
- 6) Nous désirons aussi développer notre questionnaire dans d'autres langues, tels que le français, l'espagnol et le chinois, afin d'aider les utilisateurs à mieux comprendre nos questions en s'exprimant dans leur langue maternelle et ainsi obtenir des résultats et des informations plus précises pour les utilisateurs évaluant leur IC.

Nous croyons que notre recherche pourrait être appliquée dans n'importe quel domaine impliquant des interactions interculturelles. Plus généralement, un tel système pourrait être intégré à tout autre système, dont le but est d'être efficace du point de vue communications, en ajoutant ainsi une sensibilité culturelle intelligente. Des domaines d'application potentiels sont la formation, l'apprentissage et la prise de décision dans le marché international. Dans contexte de la mondialisation, l'IC est une qualité indispensable du gestionnaire. Les études en profondeur sur sa mesure, son développement et son utilisation sont, sans aucun doute, d'une grande importance pratique. Cependant, l'IC est un nouveau domaine de recherche. Ce concept a vu le jour il y a seulement neuf ans. Il n'est donc pas encore mature à bien des égards, et il serait pertinent d'approfondir et d'apporter des améliorations dans le cadre de futures recherches.

D'autres chercheurs pourraient également fusionner d'autres nouvelles techniques d'IA dans notre modèle computationnel, de manière à améliorer ses fonctionnalités et le rendre plus puissant.

RÉFÉRENCES

Adler, N. J. (2002). *International Dimensions of Organizational Behavior* (4th ed.). Cincinnati, OH: South-Western College.

Aiken, G., Smith, T.J., and Hoffman, S.M. (1997). *Expert Systems Combined with Neural Networks: Tools to Benefit the Marketing Researcher*. *Developments In Business Simulation & Experiential Learning*, vol.24

Allard, D., Bourdeau, J. and Mizoguchi, R. (2008). *Towards Modeling Knowledge of Cultural Differences and Cross-Linguistic Influence in Computer-Assisted Language Learning (CALL)*, French Department, Dalhousie University, 6135 University Ave, Halifax, NS, B3H 4P9, Canada.

Alter, S.L. (1992). *Information systems: A Management Perspective*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Ang, S., and Van Dyne, L. (2008). *Conceptualization of Cultural Intelligence*. *Handbook on cultural intelligence: Theory, measurement and applications*, Chapter I, pp1-15. Armonk, NY: M.E. Sharpe.

Ang, S., Van Dyne, L., Koh, C. K. S., Ng, K. Y., Templer, K.J., Tay, C., and Chandrasekar, N. A. (2007). *Cultural Intelligence: Its Measurement and Effects on Cultural Judgment and Decision Making, Cultural Adaptation, and Task Performance*. *Management and Organization Review*, vol.3, pp335-371.

Ang, S and Inkpen, A.C. (2008). *Cultural Intelligence and Offshore Outsourcing Success: A Framework of Firm-Level Intercultural Capability*. *Journal compilation, Decision Sciences Institute, Decision Sciences 2008*, vol.39, no.3.

Ang, S., Van Dyne, L., Koh, C.K.S, and Ng, K.Y.(2004). *The Measurement of Cultural Intelligence*. Paper presented at the 2004 Academy of Management Meetings Symposium on Cultural Intelligence in the 21st Century, New Orleans, LA.

Ang, S. and Van Dyne, L. (2008, 2010). *Handbook of Cultural Intelligence*. 1st ed. M.E. Sharpe.Armonk.

Ang, S and Ng, K.Y. (2005): *Cultural and Network Intelligences: The Twin Pillars in Leadership Development for the 21st Century Era of Global Business and Institutional Networks*. SPIRITAND SYSTEM: Leadership Development for a Third Generation SAF.

Ang, S., Van Dyne, L., and Koh, C.K.S. (2006). *Personality Correlates of the Four-Factor Model of Cultural Intelligence*. *Group and Organization Management*, vol.31, pp.100-123.

Ascalon, M. E., Schleicher, D.J., and Born, M. (2006). *Cross-Cultural Social Intelligence: An Assessment for Employees Working in Cross-National Contexts*. Purdue CIBER Working Papers. Paper 42. <http://docs.lib.purdue.edu/ciberwp/42>

Bandura, A. (2002). *Social Cognitive Theory in Cultural Context*. *Applied Psychology: An International Review*, vol 51, pp.269-290.

Bee, N., and André, E. (2008). *Cultural Gaze Behavior to Improve the Appearance of Virtual agents*. University of Augsburg Institute of Computer Science Augsburg, Germany

Berry, J.W. (1980). *Ecological Analyses for Cross-cultural Psychology*. In N. Warren , studies in cross-cultural psychology, London: Academic Press.

Black, J. S. (1990). *The relationship of personal characteristics with the adjustment of Japanese expatriate managers*. *Management International Review*, vol.30, pp.119–134.

Blanchard, E., and Mizoguchi, R. (2008). *Designing Culturally-Aware Tutoring Systems: Towards an Upper Ontology of Culture*. HERON Laboratory, Computer Science Department, University of Montréal, Institute of Scientific and Industrial Research (I.S.I.R.), Osaka University. ITS 2008, Culturally– Aware Tutoring Systems (CATS'2008), June, Montreal, Canada, workshops.

Bonissone, P.P., and Tong, R.M. (1985). *Reasoning with uncertainty in expert systems*. *International Journal on Man-machine Studies*, vol.22, no.3.

Brenner, B. (2000). *A Computerized Business Ethics Expert System -A new approach to improving the ethical quality of business decision-making*. *Systemic, Cybernetic and Informatics*, vol.5, no.3.

Brett, J.M. (2007). *Negotiating Globally: How to Negotiate Deals, Resolve Disputes, and Make Decisions Across Cultural Boundaries*, 2d edition; San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Brisling, R., Worthley, R., and MacNab (2006), *Cultural intelligence: understanding behaviors that serve people's goals*. Group and organization management.

Butterfield, E.C (1981). *Instructional techniques that produce generalized improvement in cognition*. Baltimore, MD: University Park Press.

Caligiuri, P. M. (2000). *The big five personality characteristics as predictors of expatriate's desire to terminate the assignment and supervisor-rated performance*. *Personnel Psychology*, vol.53, pp.67–88.

Campione, J.C., Brown, A.L., and Ferrara, R.A. (1982) *Mental retardation and intelligence*. in R.J. Sternberg (Ed.), *Handbook of human intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Chad Lane, H., and Hays, M. J. (2008): *Getting down to business: Teaching cross-cultural social interaction skills in a serious game*, University of Southern California Institute for Creative Technologies, 13274 Fiji Way, Marina del Rey, CA. USA.
- Chau, P. Y. K. (1991). *Expert systems and professional services marketing*. Journal of Professional Services Marketing, vol.7, no.2, pp.79-86.
- Cohen, H., and Lefebvre, C. (2005), *Handbook of Categorization in Cognitive Science*, Elsevier, Amsterdam, NL
- Cooper, D.R. and Schindler, P.S. (2003). *Business Research Methods*. McGraw-Hill/Irwin, New York, Eighth Edition.
- Crick, F., and Koch, C. (2003). *A framework for consciousness*. Nature neuroscience, vol.6, no.2, pp.119-126
- Crutchfield, J.P. (1998). *Dynamical embodiment of computation in cognitive processes*. Behavioral and brain sciences, vol. 21, no.5, pp.635-637
- Crowne, K.A. (2006). *Examining the Antecedents of Cultural Intelligence*, Widener University, Proceedings-AIB-Se (USA), Annual Meeting, Clearwater Beach, FI
- Da Silva Bello Flores, M.T., Dufresne, A., and Lévesque, G. (2008). *Sociocultural Interfaces for E-Learning*, CATS 2008: Workshop on Culturally-Aware Tutoring Systems. The 9th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montreal, Canada.
- Das, J.P. (1986). *On Definition of Intelligence, Handbook of what is intelligence? Contemporary Viewpoints on Its nature and Definitions*, Ablex Publishing Corporation, Norwood, New Jersey
- Dawkins, R. (1976). *Le Gène égoïste*, Paris, Mengès. 2e édition, décembre (1989).
- Deal, T.E., and Kennedy, A.A. (1982). *Corporate cultures: The rites and rituals of corporate life*. Reading, MA.: Addison-Wesley.
- Denisi, A. S., and Pritchard, R. D. (2006). *Performance appraisal, performance management and improving individual performance: A motivational framework*. Management and Organization Review, vol.2, pp.253-277.
- Earley, P.C., and Ang, S. (2003). *Cultural intelligence: Individual interactions across cultures*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Earley, P. C., and Mosakowski, E. (2004). *Cultural intelligence*. Harvard Business Review, vol.82.

- Earley, P.C., Ang, S., and Tan, J.S. (2006). *CQ: Developing cultural intelligence at work*. Stanford: Stanford Business Books.
- Earley, P.C., and Gibson, C.B. (2002). *Multinational work teams: A new perspective*. Hillsdale, NJ.
- Eccles, J.S., and Wigfield, A. (2002). *Motivational beliefs, values, and goals*. Annual Review of Psychology, vol.53, pp.09-132.
- Einhorn, H.J., and Hogarth, R.M. (1981). *Behavioral decision theory: Processes of judgment and choice*. Annual Review of Psychology, vol.32, pp.53-88.
- Endrass, B., Rehm, M., André, E., and Nakano, Y. I. (2008). *Talk is silver, silence is golden: A Cross Cultural Study on the Usage of Pauses in Speech*. University of Augsburg Eichleitnerstr. 30; Tokyo University of Agriculture and Technology, Nakacho, Koganei-shi, Japan.
- Feigenbaum, E. A., McCorduck, P., and Nii, H. P. (1988). *The Rise of the Expert Company: How Visionary Companies are Using artificial Intelligence to Achieve Higher Productivity and Profit*. New York: Times Books.
- Flavell, J.H. (1979). *Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive inquiry*. American Psychologist, vol.34, pp.906-11.
- Ford, D. P., Connelly, C. E., and Meister, D. B. (2003), *Information systems research and Hofstede's culture's consequences: An uneasy and incomplete partnership*. IEEE Transactions on Engineering Management, vol.50
- Frenzel, L.E (1987). *Crash course in artificial intelligence and expert systems*. H.W.Sams, USA.
- Gao, Z.H., and Li, C.P. (2009). *Research on Cultural Intelligence: Review and Prospect*. Advances in Psychological Science, vol. 17, no. 1, pp.180-188
- Gruber, T. (1993). *A Translation Approach to Portable Ontology Specifications*. Knowledge Acquisition, vol. 5(2), pp.199-220.
- Gudykunst, W.B., Ting-Toomey, S., and Chua, E. (1988). *Culture and interpersonal communication*. Newbury Park: Sage.
- Gupta, M.M., and Rao, D.H. (1994), *On Principles of Fuzzy Neural Networks, Fuzzy Sets and Systems*, vol. 61, no. 1, January.
- Gupta, V., and House, R. (2004). Understanding leadership in diverse cultures: Implications of project GLOBE for leading international ventures. In *Leading in High Growth Asia*:

Managing Relationship for Teamwork and Change, eds. D. Tjosvold and K. Leung. Singapore: World Scientific Publishing.

Güss, C. D. (2004). *Decision Making in Individualistic and Collectivistic Cultures*. Online Readings in Psychology and Culture, Unit 4. Retrieved from <http://scholarworks.qvsu.edu/orpc/vol4/iss1/3>

Haire, M., Ghiselli, E.E., and Porter, L.W. (1966). *Managerial thinking: An international study* (2nd ed.). New York: John Wiley.

Hakel, M.D. (1968). *How often is often?* American Psychologist, no. 23, pp.533–534.

Hall, E.T. (1989). *Beyond Culture*. New York: Anchor Books Editions.

Hall, E.T. (1963). *A system for notation of proxemic behavior*. American Anthropologist 65, 1003-1026.

Hammera, M.R., Bennettb, M.J., and Wiseman, R. (2003). *Measuring intercultural sensitivity: The intercultural development inventory*. International Journal of Intercultural Relations, vol. 27 pp.421–443

Harmon, P., and King, D. (1988). *Systèmes Experts Professionnels*, Manuels Informatique Masson, Masson, Paris Milan Barcelone.

Haykin, S. (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, 2nd edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Hofstede, G. (1980). *Culture's consequences: International Differences in Work Related Values*. Beverly Hills: Sage.

Hofstede, G. (1983). *The cultural relativity of organizational practices and theories*. Journal of International Business Studies.

Hofstede, G. (1991). *Cultures and Organizations: Software of the Mind*, McGraw-Hill, New York

Hofstede, G. (1997). *Cultures and Organizations: Software of the Mind*. New York: McGraw Hill.

Hofstede, G. (1998). *Masculinity and Femininity: The Taboo Dimension of National Cultures*. Thousand Oaks, CA: Sage

Hofstede, G. (2001). *Culture's consequences: comparing values, behaviors, institutions and organizations across nations*. Thousand Oks CA: Sage.

- Hofstede, G. (2003). *Cultural Dimensions*. Retrieved January 25, 2006, from http://www.geert.hofstede.com/Orhttp://www.geert-hofstede.com/hofstede_dimensions.php
- Hofstede, G., Neuijen, B., Ohayv, D.D., and Sanders, G. (1990). *Measuring organizational cultures: a qualitative and quantitative study across twenty cases*. *Administrative science quarterly*, vol.35, pp.286-316.
- Hong, Y. Y., Morris, M. W., Chiu, C. Y., and Benet-Martínez, V. (2000). *Multicultural Minds: A Dynamic Constructivist Approach to Culture and Cognition*. American Psychologist.
- House, R.J., Hanges, P.J., Ruiz-Quintanilla, S.A., Dorfman, P.W., Javidan, M., Dickson, M., Gupta, V. (1999). *Cultural Influences on Leadership and Organizations*, Project Globe in W. Mobley, J. Gessner, and V. Arnold, *Advances in Global Leadership*, Stamford, CN: JAI
- House, R.J., Hanges, P.J., Javidan, M., Dorfman, P.W., Gupta, V. (2004). *Culture, Leadership, and Organizations, The Globe Study of 62 Societies*. Sage Publications, international Educational and Professional Publisher Thousand Oaks, London. New Delhi.
- Huang, H.H., Cerekovic, A., Pandzic, I.S., Nakano, Y., and Toyoaki, N. (2008) *Toward a Culture Adaptive Conversational Agent with a Modularized Approach*. Springer-Verlag London Limited, 23 June 2009.
- Huber, G. (1990). *A Theory of the Effects of Advanced Information Technologies on Organizational Design, Intelligence and Decision-making*. *Academy of Management Review*.
- Hudson Beale, M., Hagan, M.T., and Demuth, H.B. (2011). *Neural Network Toolbox - User's Guide* © COPYRIGHT 1992–2011 by The MathWorks, Inc. www.mathworks.com
- Jang, J.S.R., Sun, C.T., and Mizutani, E. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Janssens, M., and Brett, J. M. (2006). *Cultural intelligence in global teams: A Fusion Model of Collaboration*. *Group and Organization Management*, vol.31, pp.124–153.
- Jameson, A. (1996). *Numerical uncertainty management in user and student modeling: An overview of systems and issues*, *User Modeling and User-Adapted Interaction*
- Johnson, J. P., Lenartowicz, T., and Apud, S. (2006). *Cross-cultural Competence in International Business: Toward a Definition and a Model*. *Journal of International Business Studies*, vol.37, pp.525–543.

- Johnson, W. L. (2008). *The Politeness Effect in an Intelligent Foreign Language Tutoring System*. ITS 2008, Culturally-Aware Tutoring Systems (CATS'2008), June, Montreal, Canada, workshops.
- Kanfer, R., and Heggestad, E.D. (1997). *Motivational Traits and Skills: A Person-Centered Approach to Work Motivation*. Research in Organizational Behavior, vol.19, pp.1-56.
- Kelley, C., and Meyers, J. (1995). *The Cross-Cultural Adaptability Inventory (manual)*. Minneapolis, MN: National Computer Systems.
- Kern, T., and Willcocks, L. P. (2000). *Exploring Information Technology Outsourcing Relationships: Theory and Practice*. Journal of Strategic Information Systems.
- Kihlstrom, J. F., and Cantor, N. (2000). *Social Intelligence*. In R. Sternberg, *Handbook of Intelligence* Cambridge, UK: Cambridge University Press. 2nd ed., pp.359-379.
- Kluckhohn, F.R., and Strodtbeck, F. L. (1961). *Variations in Value Orientations*. Evanston, III: Row, Peterson.
- Koda, T. (2008): *Cross-cultural evaluations of avatar facial expressions*, Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology 1-79-1 Kitayama, Hirakata, Osaka 5730196, Japan.
- Kohonen, T. (1989). *Self-Organization and Associative Memory*, 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Koh, C., Damien, J, and Ang, S. (2010). *Cultural intelligence and the global information technology workforce*, NanYang Technological University, Singapore.
- Kosko, B. (1992). *Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Law, K.S., Wong, C.S., and Mobley, W.H. (1998). *Toward a Taxonomy of Multidimensional Constructs*. Academy of Management Review, vol.23, pp.741-755.
- Leidner, D. E., and Kayworth, T. (2006). *A Review of Culture in Information Systems Research: Toward a Theory of Information Technology Culture Conflict*. MIS Quarterly 30.
- Leung, K., Bhagat, R. S., Buchan, N. R., Erez, M. and Gibson, C. B. (2005). *Culture and International Business: Recent Advances and Their Implications for Future Research*. Journal of International Business Studies.
- Leung, K., and Ang, S. (2008). *Culture and international management: Evolution of the field*. In *Cambridge handbook of culture, organizations, and work*, eds. R. S. Bhagat and R. M. Steers. Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp.23-45.

Lievens, F., Harris, M. M., Van Keer, E., and Bisqueret, C. (2003). *Predicting Cross-cultural Training Performance: The Validity of Personality, Cognitive Ability, and Dimensions Measured by an Assessment Center and a Behavior Description Interview*. *Journal of Applied Psychology*, vol.88, pp.476-489.

Mamdani, E.H. and Assilian, S. (1975). *An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller*, *International Journal of Man-Machine Studies*.

Matsumoto, D., LeRoux, J., Ratzlaff, C., Tatani, H., Uchida, H., Kim, C., and Araki, S. (2001). *Development and validation of a measure of intercultural adjustment potential in Japanese sojourners: The Intercultural Adjustment Potential Scale (ICAPS)*. *International Journal of Intercultural Relations*, vol.25 (5), pp.483-510.

Matsumoto, D., LeRoux, J. A., Iwamoto, M., Choi, J. W., Rogers, D., and Tatani, H. (2003). *The robustness of the Intercultural Adjustment Potential Scale (ICAPS): The Search for a universal psychological engine of adjustment*. *International Journal of Intercultural Relations*, vol. 27(5), pp.543-562.

Mccrae, R.R. and Costa, P.T. (1990). *Personality in adulthood*. New York: The Guilford Press.

McCulloch, W.S. and Pitts, W. (1943). *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*, *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol.5, pp.115-137.

Medsker, L.R. and Liebowitz, J. (1994). *Design and Development of Expert Systems and Neural Computing*. Macmillan College Publishing Company, New York.

Mendenhall, M., and Oddou, G. (1985). *The Dimensions of Expatriate Acculturation: A review*. *Academy of Management Review*, vol.10, pp.39-47.

Miller, Christopher A. (2008). *Etiquette and Politeness in Human-Human and Human-Machine Interactions: A Summary of Work at SIFT*. Smart Information Flow Technologies (SIFT) Minneapolis, MN U.S.A.

Mohammed, P., and Mohan., P. (2008): *Using Culture to Motivate Learning in a Digital Game Based Learning Environment*, Department of Mathematics and computer Science, the University of West Indies.

Molinsky, A. (2007). *Cross-cultural code-switching: The psychological challenges of adapting behavior in foreign cultural interactions*. *Academy of Management Review*.

Munroe, A., and Pearson, C. (2006). *The Munroe Multicultural Attitude Scale Questionnaire A New Instrument for Multicultural Studies*. *Educational and Psychological Measurement*, October, vol 66, pp.819-834.

- Munro, D., Basu, C., and Kumar, A. (2002). *Managing The Impact of Cultural Factors in The Development of Global Decision Support Systems*. IACIS, Central Michigan University, George Sargent.
- Nazir, A., Lim, M.Y., Kriegel, M., Aylett, R., Cawsey, A.,ENZ, S., and Zoll, C. (2008). *Culture-Personality Based Affective Model*. School of Mathematics and Computer Science, Heriot-Watt University, Edinburgh; Otto-Friedrich-Universitaet Bamberg.
- Narayanan, L., Menon, S., and Levine, E. L. (1995). *Personality Structure: A Culture-Specific Examination of the Five-Factor Model*. Journal of Personality Assessment, vol.64, pp.51-62.
- Nauck, D., Klawonn, F. and Kruse, R. (1997). *Foundations of Neuro-Fuzzy Systems*. John Wiley, Chichester.
- Negnevitsky, M. (2005): *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*, ISBN 0-321-20466-2, Second edition published 2005, British Library Cataloguing-in-Publication Data.
- Ng, K.Y., and Earley, P. C. (2006). *Culture + Intelligence: Old Constructs, New Frontiers*. Group and Organization Management, vol.31, pp.4-19.
- Nonnenmacher, W. (2004). *An Expert System Based Approach to Analyse the Underlying Structure of a Multilateral Crisis*. RTO NMSG Symposium on "Modelling and Simulation to Address, NATO's New and Existing Military Requirements", held in Koblenz, Germany, October, RTO-MP-MSG-028.
- Noubel, J.F. (2004, Révision 2007). *Intelligence Collective : la révolution invisible*, Master 2 Management Public Territorial Institut d'Administration des Entreprises Année 2008-2009.
- Olebe, M., and Koester, J. (1989). *Behavioral Assessment Scale for Intercultural Communication (BASIC): Exploring the cross-cultural equivalence of the Behavioral Assessment Scale for Intercultural Communication*. International Journal of Intercultural Relations, vol.13 (3), pp.333-347. Eight scales, validated with 263 university students.
- Omlin, C.W., and Giles, C.L. (1996). *Rule Revision with Recurrent Neural Networks*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol.8,no.1, pp.183-188.
- Ones, D. S., and Viswesvaran, C. (1997). *Personality Determinants in the Prediction of Aspects of Expatriate Job Success*, 4 vol. Greenwich, C.T. JAI Press.
- Osland, J. S., and Bird, A. (2000). *Beyond sophistical stereotyping: Cultural Sensemaking in context*. Academy of Management Executive vol.14, no.1, pp.65-77.
- Parker, D.B. (1987). *Optimal Algorithms for Adaptive Networks: Second Order Back Propagation, Second Order Direct Propagation, and Second Order Hebbian Learning*,

Proceedings of the IEEE 1st International Conference on Neural Networks, San Diego, CA, vol. 2, pp. 593–600.

Pellegrino, James W. (1986). *Intelligence: The Interaction of Culture and Cognitive Processes, Handbook of What is Intelligence?* Contemporary Viewpoints on Its nature and Definitions, ablex publishing corporation, Norwood, New Jersey.

Peterson, B. (2004). *Cultural Intelligence: A Guide to Working with people from other Cultures*. Published by Intercultural Press, INC. PO Box 700, Yarmouth, Maine: Intercultural Press, 04096 USA.

Peters, T.J., and Waterman, R.H. (1982). *In Search of Excellence: Lessons from America's Best-run Companies*. New York: Harper & Row.

Pressman, R. S. (2005). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 6th. Edition, McGraw-Hill, a business unit of the McGraw-Hill Companies, Inc.

Rehm, M., Gruneberg, F., Nakano, Y., Lipi, A. A., Yamaoka, Y., and Huang, H.H. (2008). *Creating a Standardized Corpus of Multimodal Interactions for Enculturating Conversational Interfaces*, Workshop on Enculturating Conversational Interfaces by Socio-cultural Aspects of Communication, 2008 International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI'08), Canary Islands, Spain, January 2008.

Riche, E. and Knight, K. (1991). *Artificial Intelligence*, MCgraw Hill, USA.

Rosenblatt, F. (1958). *The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain*, Psychological Review, vol.65, pp.386–408.

Ruttkay, Z. (2008). *Cultural Dialects of Real and Synthetic Facial Expressions*. HMI, Department of Computer Science, University of Twente, The Netherlands.

Schmidt, F. L., and Hunter, J. E (2000), *Select on Intelligence*. In E. A. Locke (Ed, *The Blackwell HandBook of Organizational Principles*. Oxford: Blackwell.

Schwartz, S.H., and Bilsky, W. (1994). *Toward a Theory of the Universal Content and Structure of Values: Extensions and Cross-Cultural Replications*. Journal of Personality and Social Psychology, vol.58,no.5.

Seijts, G. H (1998). *The Importance of Future Time Perspective in Theories of Work Motivation*, The Journal of Psychology, vol.132, pp.154-168.

Shaout, A., and Al-Shammari, M. (1998). *Fuzzy Logic Modeling for Performance Appraisal Systems: A Framework for Empirical Evaluation*, Expert Systems with Applications, vol.14, no.3.

Shepherd, G.M. and Koch, C. (1990). *Introduction to synaptic circuits: The Synaptic Organisation of the Brain*, G.M. Shepherd, ed., Oxford University Press, New York, pp. 3–31.

Simpson, R. (1944). *The specific meanings of certain terms indicating differing degrees of frequency*, *The Quarterly Journal of Speech*, no. 30, pp.328–330.

Smith, P.B. and Schwartz, S.H. (1997), Values. In Berry, J.W., Segall, M. H. and Kagitcibasi, C. (Eds.), *Handbook of Cross-Cultural Psychology*, vol.3.

Snow, R.E., and Yalow, E. (1982). *Education and Intelligence*. In R.J. Sternberg, *Handbook of human intelligence*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Sperber, D. and Hirschfeld, L. (2004), *The Cognitive Foundations of Cultural Stability and Diversity*. *Trends in Cognitive Sciences*, vol.8, no.1, pp.40-46

Spreitzer, G., Kizilos, M. A., and Nason, S. W. (1997). A dimensional analysis of the relationship between psychological empowerment and effectiveness, satisfaction, and strain. *Journal of Management*, vol.23(5): pp.679-704.

Steinberg, M. and Plank, R. E. (1990) *Implementing Expert Systems into Business Marketing Practice*. *The Journal of Business and Industrial Marketing*, vol.5, no.2, pp.15-26.

Sternberg, R.J., and Detterman, D. (1986). *What is Intelligence? Contemporary Viewpoints on Its nature and definition*, Ablex publishing corporation, 355 Chestnut Street, Norwood, New Jersey.

Sternberg, R.J., Forsythe, G. B., Hedlund, J., Horvath, J. A., Wagner, R. K., and Williams, W. M. (2000). *Practical Intelligence in Everyday Life*. Cambridge: Cambridge University Press.

Stewart, O.T., and Chakraborty, J. (2008): *Did Hofstede Get it Right?* Enculturating Automatic Speech Recognition Systems, IBM T.J Watson Research Labs, 1101 Kitchawan Road, Yorktown Heights, NY; University of Maryland, Baltimore County, 1000 Hilltop Circle, Baltimore, MD

Tan, J.S. (2004). *Cultural Intelligence and the Global Economy*. *Leadership in Action*, vol.24, pp.19–21.

Tessmer, M. (1993). *Planning and conducting formative evaluations*. London: Kogan Page.

Templer, K.J., Tay, C., and Chandrasekar, N.A. (2006). *Motivational Cultural Intelligence, Realistic Job Previews, and Realistic Living Conditions Preview, and Cross-cultural Adjustment*. *Group and Organization Management*, vol.31, pp.154-173.

The Chinese Culture Connection (1987). *Chinese Values and the Search for Culture Free Dimensions of Culture*. June, *Journal of Cross-Cultural Psychology*, vol.18, no.2.